

수도권 지하철 노선 간 환승량 추정방법 개선

김순관

Improvements in Methods of Transfer Passenger Flow Prediction between Subway Lines



서울연구원
The Seoul Institute

수도권 지하철
노선 간 환승량
추정방법 개선

연구책임

김순관 교통시스템연구실 선임연구위원

연구진

박지훈 교통시스템연구실 연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

요약

환승통행량 추정 시 특정역에 보정계수 가구통행조사 연계해 현장조사도 필요

교통카드 정보만으론 지하철 이용자 환승정보 알기 어려워

교통카드 시스템 도입으로 교통행태에 대한 파악이 용이해졌지만, 여전히 지하철 내부에서의 이동경로에 대해서는 파악하기 어려운 실정이다.

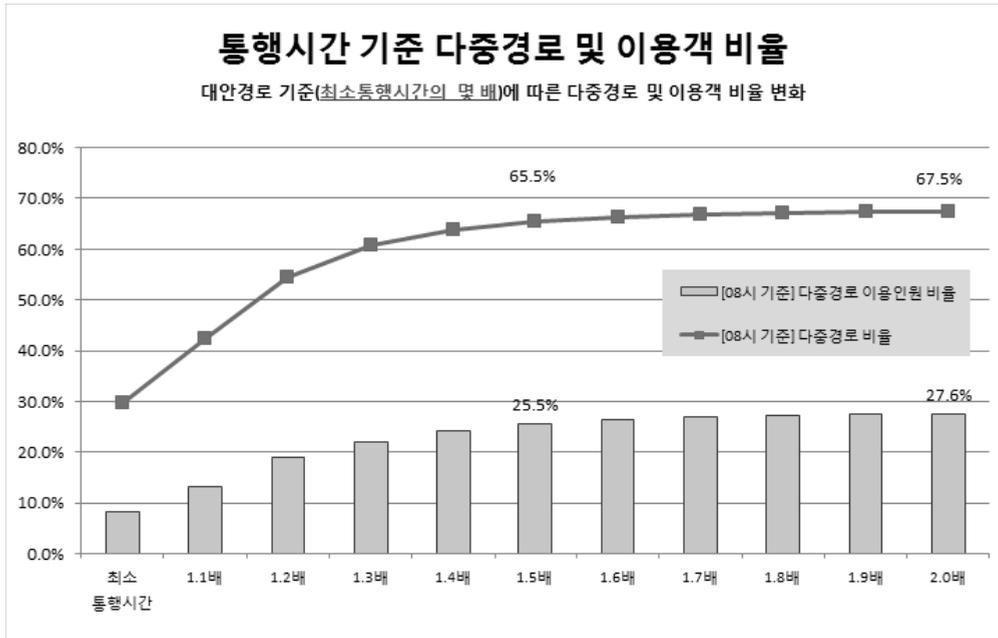
지하철 노선 간 환승에 관한 정보는 수도권 통행실태를 파악하는 데 중요한 정보이며, 서울시 교통수단분담률과 대중교통 운영기관 간 요금정산의 기초가 되는 정보이다. 현재 환승에 관한 정보는 서울의 지하철 운영기관인 서울메트로 및 서울도시철도공사에서 해당 관할역에 대한 환승통행량만을 개별적으로 추정·제시하고 있을 뿐이다.

따라서 본 연구에서는 어떤 요소를 기준으로 지하철 경로를 선택하는지 파악하여, 지하철 환승 통행량을 추정하는 것을 목적으로 하고 있다.

통행경로 파악해야 하는 다중경로 이용자는 전체의 27.6%

본 연구에서 기초자료로 활용한 Daum 네트워크 자료에서는 수도권 527개 역을 기반으로 한 출발-도착역(OD) 쌍 276,043개, 이용가능한 경로는 624,393개를 제공하고 있다. 출발-도착역(OD) 쌍에 비해 이용가능한 경로가 약 2.3배 정도 많은데 이는 동일한 출도착지에 대하여 1~5개의 대안경로를 제시하고 있기 때문이다.

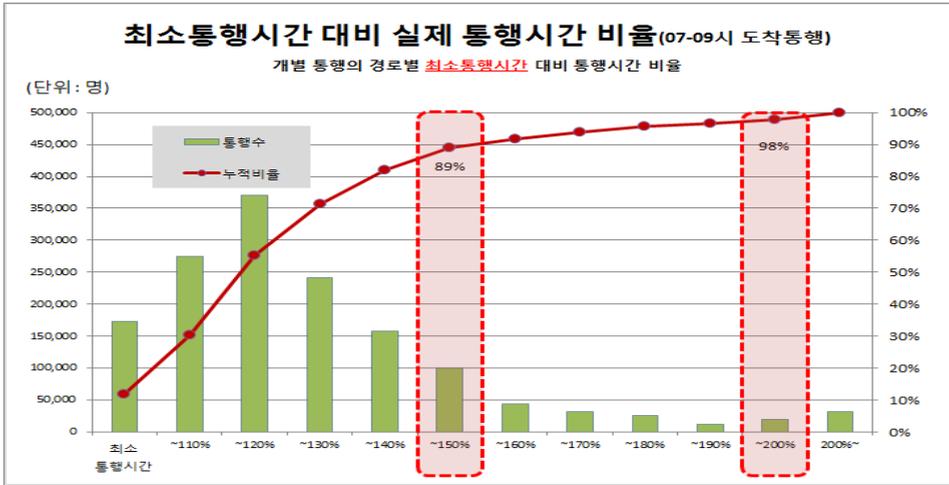
동일한 출도착역을 기준으로 포털(Daum) 지하철 경로정보와 교통카드 정보를 결합(Matching) 하여 분석한 결과 전체 경로의 67.5%가 다중경로(27.6만 개 경로 중 18.6만 개 경로)인 반면, 전체 이용자의 27.6%만이 다중경로를 이용(789만 명 중 218만 명)하는 것으로 나타났다.



[그림 1] 통행시간 기준 다중경로 및 이용객 비율

실제통행시간은 최소통행시간에 몰리지 않고 일정한 분포

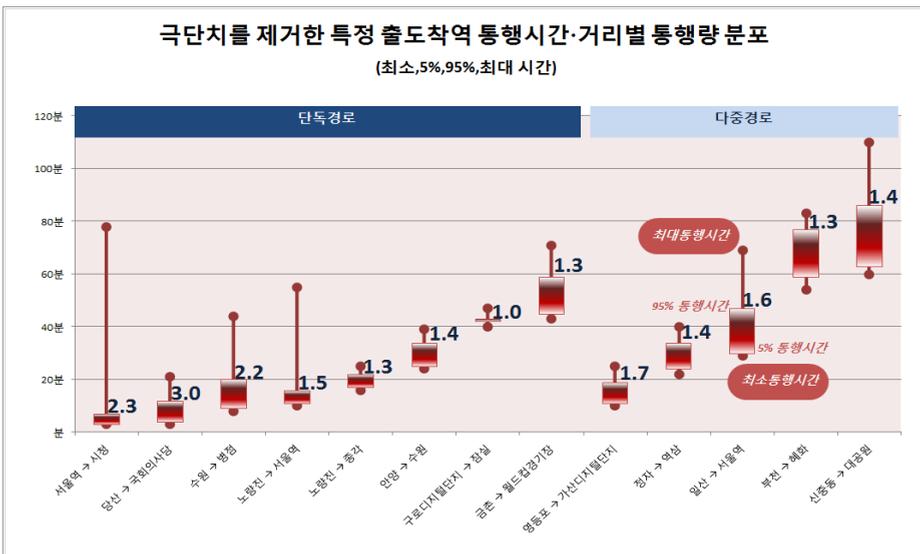
교통카드 자료를 바탕으로 지하철 내부 통행시간 특성을 살펴본 결과 89%의 지하철 이용자의 실제통행시간은 최소통행시간의 1.5배 이내이고, 98%의 지하철 이용자의 실제통행시간은 최소통행시간의 2.0배 이내인 것으로 분석되었다.



주 : 최소통행시간대비 실제통행시간비율 = $\frac{\text{실제통행시간}}{\text{최소통행시간}} \times 100$

[그림 2] 최소통행시간 대비 실제통행시간 비율

최소통행시간 대비 최대통행시간 비율(‘하위 5% 통행시간’ / ‘상위 5% 통행시간’)은 단거리보다 장거리 출도착역이 큰 경향이 있지만, 단중거리 출도착역도 큰 차이를 보이지 않고 있다. 이는 극단치를 제거하더라도 실제통행시간은 최소통행시간에 대부분 집중되지 않고 일정한 분포를 갖고 있음을 의미한다.

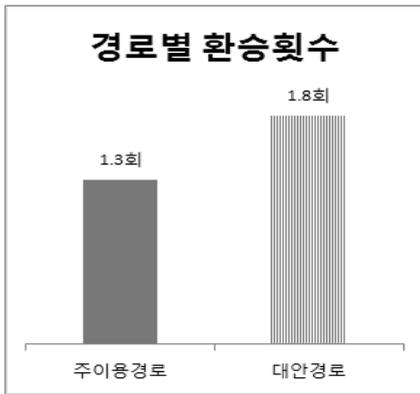


[그림 3] 극단치를 제거한 특정 출도착역 통행시간·거리별 통행량 분포

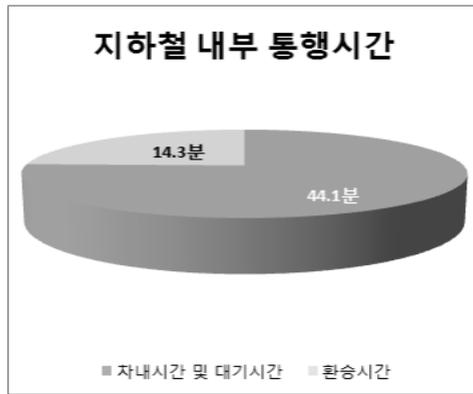
지하철 평균 환승 횟수 1.3회... 이용시간의 32%를 환승에 소비

시민들의 환승 관련 이용실태를 파악하기 위한 설문조사를 시행한 결과 시민들의 지하철 평균 환승횟수는 1.3회이며, 만약 이 경로를 이용하지 않았을 경우에는 평균 1.8회 환승하는 대안경로를 선택하였을 것이라고 응답하였다. 또한 지하철 내부 통행시간은 차내시간 및 대기시간이 44.1분, 환승시간이 14.3분으로 나타나서 전체 시간 중 환승시간의 비중이 32.4%로 나타났다.

지하철 내부 이용경로 선택요소는 총통행시간, 환승횟수, 환승거리 순으로 중요하게 고려하고 있으며, 지하철 환승을 위한 시설물 이용의 편리정도는 상향 에스컬레이터, 하향 에스컬레이터, 무빙벨트, 하향계단, 상향계단 순으로 조사되었다.



[그림 4] 경로별 환승횟수



[그림 5] 지하철 내부 통행시간

신분당선은 시간단축 효과를 특정역 보정계수로 반영

환승통행량 추정을 위하여 기본 경로정보, 경로선택 요소, 경로선택 비율을 파악하고 동시배분 및 순차적배분의 경로선택 비율 적용법을 검토한 결과, 동시배분보다는 민자노선 환승태그량과 오차율이 적은 순차적배분 방법이 적절한 것으로 분석되었다.

모든 역에 동일한 방법과 동일한 경로선택요소(통행시간, 환승횟수, 경유정류장 수)를 일괄적으로 적용하여 분석한 결과, 일부 역에서 오차율이 높은 문제점을 해결할 수 없었다. 따라서 지하철 이용자가 통행경로를 선택할 때 이용상황에 따라 통행시간, 환승횟수, 경유정류장 수 외에 모형에서 설명할 수 없는 다른 요소들을 고려할 필요가 있다는 판단 아래 역별로 보정계수(페널티/인센티브)를 추가 적용하여 환승통행량을 추정하였다. 본 연구에서는 신분당선의 경우 좌석확보 효과 및 급행기능으로 인한 시간단축효과를, 공항철도와 경의선의 경우 낮은 인지도와 상대적으로 긴 배차간격 효과를 반영하였다. 특정역을 기준으로 보정계수를 적용한 결과 대부분의 환승통행량이 오차범위 내에서 추정되었다.

수도권 82개 역 중 60개 역은 환승통행량 계측이 가능

환승통행량을 오차범위 내에서 추정하기 위해서는 일괄적인 모형적용보다는 특정역 보정계수 적용이 필요한 것으로 분석되었다. 하지만 수도권 82개 환승역 중 환승통행량 검증이 가능한 역은 11개 역뿐으로, 11개 역 이외에는 어떤 특성의 보정계수가 적용되어야 하는지도 알 수가 없는 실정이다.

따라서 11개 이외의 환승역에 대한 환승통행량 모집단을 확보하기 위해서는 장기적으로 물리적인 환승게이트 설치가 필요하지만, 단기적으로는 현장에서 환승통행량 조사를 수행하는 것이 필요하다. 이러한 조사는 현재 5년마다 수행되고 있는 [가구통행실태조사]와 연계할 수 있을 것이다. 수도권 82개 환승역 중 현장조사가 필요한 역은 68개 역이며, 이 중 60개 역(97개 지점)에 대해서는 환승통로에 조사원을 투입하면 충분히 환승통행량을 계측할 수 있을 것으로 판단된다. 단, 환승통로 환승통행량 조사 시 환승인원과 출도착인원 구분이 필요하므로 환승비율 파악을 위한 설문조사 병행이 필요할 것이다.

목차

01 연구의 개요	2
1_연구의 배경 및 목적	2
2_연구의 범위와 방법	3
02 환승통행량 추정의 국내외 사례	6
1_수도권 광역/도시철도 연락운임정산 및 일일정산방안 연구	6
2_지하철 운영기관의 환승통행량 추정	8
3_교통카드 이용정보 기반 경로선택행태와 교통존기반 대중교통 노선배정모형의 융합 사례	10
4_뉴욕시 환승통행량 추정 사례	12
03 환승통행량 추정을 위한 기초자료	16
1_교통카드 및 Daum 네트워크 자료	16
2_환승역별 환승여건 및 시설 조사 자료	24
3_지하철 환승객 설문조사 자료	29
04 환승통행량 추정 및 검증	38
1_환승통행량 추정방법 정립	38
2_환승통행량 추정(일괄적용)	43
3_환승통행량 추정(특정역 보정계수 적용)	46
4_환승통행량 추정에 관한 소결	49

05 결론 및 정책제언	52
1_결론	52
2_정책제언	54
참고문헌	57
부록	58
Abstract	64

표

[표 2-1] 경로별 일반화비용 추정	7
[표 2-2] 지하철 운영기관 환승통행량 추정 관련 내용 비교	8
[표 2-3] 지하철 운영기관 환승통행량 추정 결과(2013년 기준)	9
[표 3-1] 지하철 이용자의 최소통행시간 대비 실제통행시간 비율	18
[표 3-2] Daum 네트워크 기본정보	21
[표 3-3] 통행시간 기준 다중경로 및 이용객 비율	23
[표 3-4] 수도권 환승역 분류(통과노선 수)	24
[표 3-5] 수도권 환승역 분류(행정구역)	24
[표 3-6] 지하철-지하철 간 에스컬레이터 현황	25
[표 3-7] 지하철-지하철 환승 거리	25
[표 3-8] 역별 환승태그량	27
[표 3-9] 역별·방향별 환승태그량(보정 후)	28
[표 3-10] 설문조사 내용	31
[표 3-11] 응답자 표본 특성	32
[표 4-1] 경로선택 요인	40
[표 4-2] 경로선택 비율	41
[표 4-3] 동시배분 사례	41
[표 4-4] 순차적배분 사례	42
[표 4-5] 환승통행량 추정(일괄적용) 결과	44
[표 4-6] 환승통행량 추정(특정역 보정계수 적용) 결과	48
[표 5-1] 현장조사가 필요한 역	55

그림

[그림 1-1] 출도착역은 알 수 있지만 환승역(이용경로)은 알 수 없음	2
[그림 2-1] 유사경로 탐색 기법	6
[그림 2-2] 역 간 수요배정 모형	7
[그림 2-3] 회기역↔용산역 hidden path 탐색 결과	10
[그림 2-4] 지하철 내부의 경로선택 효용함수 구축 결과	11
[그림 2-5] 뉴욕시 환승통행량 추정을 위한 기초 네트워크	12
[그림 2-6] 뉴욕시 장래 환승통행량 추정 결과	13
[그림 3-1] 교통카드 자료의 시간대별 지하철 승차량 분포	16
[그림 3-2] 최소통행시간 대비 실제통행시간 비율	17
[그림 3-3] 통행거리별 최소통행시간 대비 실제통행시간 비율	18
[그림 3-4] 특정 출도착역 통행시간·거리별 통행량 분포	19
[그림 3-5] 극단치를 제거한 특정 출도착역 통행시간·거리별 통행량 분포	20
[그림 3-6] 지하철 통행경로 분류	21
[그림 3-7] 통행시간 기준 다중경로 및 이용객 비율	22
[그림 3-8] 전체 지하철역 중 환승게이트가 있는 역	26
[그림 3-9] 역별 환승태그량	27
[그림 3-10] 역별·방향별 환승태그량(보정 후)	28
[그림 3-11] 설문조사 대상 및 주요 설문 정보	29
[그림 3-12] 설문조사 개요	30
[그림 3-13] 경로별 환승횟수	33

[그림 3-14] 지하철 내부 통행시간	33
[그림 3-15] 주이용경로를 이용하는 이유	34
[그림 3-16] 대안경로를 자주 이용하지 않는 이유	34
[그림 3-17] 지하철 환승을 위한 시설물 이용 편리/불편 정도	35
[그림 3-18] 지하철 환승 경로 선택 시 중요 고려요소	35
[그림 4-1] 환승통행량 추정 흐름도	38
[그림 4-2] 환승경로 배분방법 대안	39
[그림 4-3] 적용 방법론 예시	43
[그림 4-4] 순차적배분 환승통행량 추정 결과 : 우선배분 미적용	45
[그림 4-5] 순차적배분 환승통행량 추정 결과 : 우선배분 적용	45
[그림 4-6] 방향별·역별로 부과한 페널티/인센티브 유형 및 보정계수	47
[그림 4-7] 환승통행량 추정(특정역 보정계수 적용) 결과	49
[그림 5-1] 실제통행의 다양성(불규칙성) 극복	53
[그림 5-2] 다양한 이용특성의 반영 노력	54
[그림 5-3] 가구통행실태조사와 연계한 환승통행량 조사 방안	55

01

연구의 개요

1_연구의 배경 및 목적

2_연구의 범위와 방법

01 | 연구의 개요

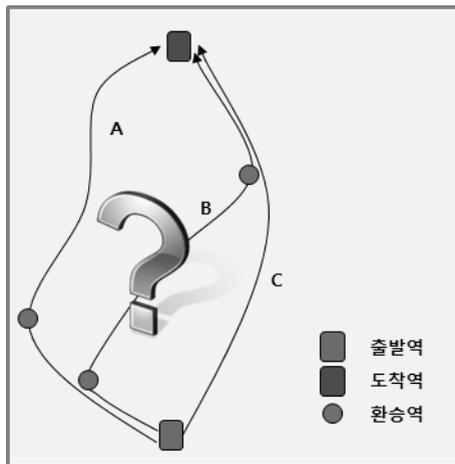
1_연구의 배경 및 목적

교통카드 시스템의 도입으로 서울시민을 포함한 수도권 시민들의 대중교통 이용행태 파악이 용이해졌지만, 환승통행량 등 지하철 노선 간 환승에 관한 정보는 파악하기 어려운 상태이며, 현재까지 지하철 노선 간 환승통행량에 대한 모집단 통계자료가 없는 실정이다.

이러한 지하철 노선 간 환승통행량은 수도권의 통행실태 파악을 위한 중요한 정보이며, 서울시 교통수단분담률과 대중교통 운영기관 간 요금정산의 기초가 되는 정보이다.

최근 민자도시철도(9호선, 공항철도, 신분당선 등)의 환승게이트 도입으로 지하철 노선 간 환승통행량 파악이 부분적으로나마 가능해졌고, 향후 민자도시철도가 확대되면 주요 이슈로 부각될 전망이다.

따라서 본 연구에서는 환승조사 및 환승경로 선택기법 등을 활용하여 환승통행량 추정방법을 제시하여 교통수단분담률 통계개선과 요금정산의 객관화에 기여하고자 한다.



[그림 1-1] 출도착역은 알 수 있지만 환승역(이용경로)은 알 수 없음

2_연구의 범위와 방법

1) 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 수도권 전체 지하철이며, 그중 82개 환승역이 중점연구 대상이다.

주요자료의 시간적 범위를 보면 교통카드 자료는 2013년 10월 기준이며, 다음 네트워크 자료는 2014년 4월 기준 자료이다. 두 자료 간의 시점 차이로 인한 일부 미개통역 반영은 보정과정을 통하여 문제점을 최소화하도록 노력하였다.¹

2) 연구의 방법

본 연구의 주요 내용은 크게 3가지이다.

첫째, 환승통행량 추정의 국내외 사례를 검토하였다. 본격적 연구를 수행하기 전에 기존 연구 사례를 참고하여 연구의 방향을 설정하였다.

둘째, 환승통행량 추정을 위한 기초자료를 검토하였다. 환승통행량 추정을 위한 기초자료는 교통카드 자료와 Daum 네트워크 자료이다. 환승통행량 추정에 앞서 해당 자료에 대한 기초분석을 수행하고 두 자료를 결합하여 환승통행량 추정방법의 기반을 마련하였다. 또한 설문조사를 통하여 환승통행량 추정을 위한 변수를 추가적으로 확보하였다.

마지막으로 환승통행량 추정 및 검증을 수행하였다. 환승통행량 추정 방법론을 정립하고 추정된 환승통행량의 검증을 통하여 방법론과의 피드백 과정을 거쳤다.

¹ 두 자료 간 시점 차이로 발생하는 자료의 차이인 수원~망포 구간은 삭제 후 분석을 수행하였다.

02

환승통행량 추정의 국내외 사례

- 1_수도권 광역/도시철도 연락운임정산 및 일일정산방안 연구
- 2_지하철 운영기관의 환승통행량 추정
- 3_교통카드 이용정보 기반 경로선택행태와 교통존기반 대중교통 노선배정모형의 융합 사례
- 4_뉴욕시 환승통행량 추정 사례

02 환승통행량 추정의 국내외 사례

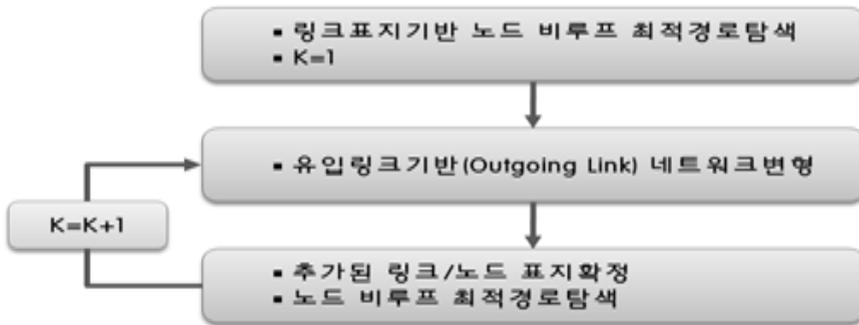
1_수도권 광역/도시철도 연락운임정산 및 일일정산방안 연구

2012년 수행된 [수도권 광역/도시철도 연락운임정산 및 일일정산방안 연구]에서는 7개 광역/도시철도 운영기관 수입금 정산, 정산규칙 구축 및 알고리즘 개발, 1일 정산체계 지원 구축 등을 위하여 연구를 수행하였다.

이 연구에서는 수입금 정산의 기초자료로 활용하기 위하여 지하철 노선 간 환승통행량을 추정하였으며, 추정을 위하여 다음과 같은 통행배정 방법론을 적용하였다.

1) 이용 가능한 다중경로 설정

유사경로 탐색기법은 신성일(2004), Lee(2004), 신성일 외(2004)가 제안한 링크 표지기반 노드 비루프 경로탐색 알고리즘을 활용하였다.



[그림 2-1] 유사경로 탐색 기법

2) 경로별 일반화비용 추정

환승 저항요소를 고려하여 일반화비용으로 정량화하였으며, 일반화비용식 및 활용한 환승 저항요소는 다음과 같다.

[표 2-1] 경로별 일반화비용 추정

일반화비용 추정	$C_{ab}^r = IVTT_{ab}^r + \alpha_{ab}^r (T_{ab}^k + H_b / 2)$													
차내통행시간 추정	$IVTT = \frac{Dis_{ij}}{Speed_n}$													
환승계수 추정	$\alpha_{ab}^k =$ 환승 선호도 조사를 통한 경험적 추정													
	<table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <tr> <th>환승횟수</th> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <th>환승계수 α_{ab}^k</th> <td>0.0</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td>2.7</td> <td>4.5</td> <td>5.5</td> </tr> </table>	환승횟수	0	1	2	3	4	5	환승계수 α_{ab}^k	0.0	1.0	1.5	2.7	4.5
환승횟수	0	1	2	3	4	5								
환승계수 α_{ab}^k	0.0	1.0	1.5	2.7	4.5	5.5								
환승도보시간	$T_{ab}^k =$ 조사자의 실측 도보시간 조사													
노선별 배차간격	$H_b =$ 첨두/비첨두 배차간격을 해당 통행량 가중평균													

3) 역 간 수요배정 방안

역 간 통행배정(수요배정)은 Logit 모형을 활용하는 방안과 다수경로에 일정비율을 적용하는 방안을 이용하여 수행하였다.

역 간 수요배정 모형

- [1] 확정된 다수경로의 일반화비용을 적용한 Logit모형 활용 $P_i = \frac{e^{\theta \cdot C_i}}{\sum_k e^{\theta \cdot C_k}}, \forall k = K$
- [2] 확정된 다수경로에 일정비율 적용 (예, 3개의 경로이면 7:2:1의 비율)

[그림 2-2] 역 간 수요배정 모형

2_지하철 운영기관의 환승통행량 추정

현재 지하철 운영기관인 서울메트로 및 서울도시철도공사는 일부 관할역에 대해서만 수행한 환승통행량 추정결과를 2년마다 제시하고 있다. 즉, 서울시 지하철 운영기관에서 매년 발간하는 수송계획 책자에 2년마다 ‘혼잡도(열차 내) 및 환승인원 현황 조사’ 또는 ‘정기 교통량 조사’라는 항목으로 관할노선의 열차별 혼잡도와 관할역의 역별 환승인원을 추정하여 제시하고 있다. 최근에 수행된 지하철 운영기관의 환승통행량 추정 관련 내용은 다음과 같다.

[표 2-2] 지하철 운영기관 환승통행량 추정 관련 내용 비교

구분	서울메트로	서울도시철도공사
명칭	혼잡도(열차 내) 및 환승인원 조사	2013년 정기 교통량 조사
시간적 범위	'13.11.01(금)~11.04(월) 05시~익일 01시	'13.11.12(화)~11.18(월) 전 시간대
공간적 범위	121개 역(까치산역 포함) → 환승역 44개 역	157개 역 → 환승역 41개 역
결과	열차 내 혼잡도 : 역별, 시간대별, 방향별 통과차량 및 재차인원을 요일별로 구분하여 산출	열차별 혼잡도 : 모든 운행차량 및 구간, 시간대별, 방향별 재차인원 및 혼잡률
	환승인원 : 환승역의 역별, 시간대별, 방향별 환승인원을 요일별로 구분하여 산출	환승인원 : 환승역별·시간대별·방향별(유출입) 환승인원 산출
방법론	<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">조사대상일 OD자료 확보</div> ➔ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">효율적 이동경로 프로그래밍</div> ➔ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">개별 OD자료 프로그램에 적용</div> ➔ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">구간, 시간대별 이용인원 산출</div> </div>	
비고	열차하중데이터 활용 검증	

지하철 운영기관에서 제시하고 있는 환승통행량 추정결과는 [표 2-3]과 같다. 이러한 조사 결과는 개별 관할역에 대해서만 환승통행량을 제시하고 있다는 한계를 가지고 있다. 또한 관할역이라 하더라도 3개 이상의 운영기관의 열차가 다니는 환승역은 해당 운영기관과 관련된 방향에서의 환승통행량만을 제공하고 있기 때문에 해당 환승역의 전체 값을 파악하기 어렵다.²

² 만약 '가역에 운영기관 A, B, C의 열차가 통과하고 있다면, A기관에서는 A←B, A←C에 대한 환승통행량의 합만을 제시하고 있고, 관할노선이 아닌 B←C에 대한 환승통행량은 제시하고 있지 않다.

[표 2-3] 지하철 운영기관 환승통행량 추정 결과(2013년 기준)

(단위 : 명/일)

구분	역	도철	메트로	구분	역	도철	메트로
가락시장역	2	38,347	35,495	성수역	2	-	24,364
가산디지털단지역	2	66,603	-	수서역	2	-	32,377
강남구청역	2	55,212	-	시청역	2	-	112,499
강남역	2	-	47,712	신길역	2	61,706	-
강동역	1	7,092	-	신당역	2	54,715	43,596
건대입구역	2	116,624	85,729	신도림역	3	-	312,177
고속터미널역	3	119,419	181,442	신설동역	2	-	20,483
공덕역	4	71,208	-	약수역	2	58,725	55,777
교대역	2	-	166,100	양재역	2	-	34,149
군자역	2	221,031	-	여의도역	2	42,360	-
김포공항역	3	27,201	-	연신내역	2	38,935	36,513
까치산역	2	53,668	49,297	영등포구청역	2	108,943	64,679
노원역	2	50,284	39,950	오금역	2	34,772	27,033
당산역	2	-	66,143	옥수역	2	-	13,895
대림역	2	109,746	97,437	온수역	2	42,139	-
도곡역	2	-	21,023	왕십리역	4	68,914	85,157
도봉산역	2	21,619	-	을지로3가역	2	-	94,074
동대문역	2	-	82,174	을지로4가역	2	45,547	41,381
동대문역사문화공원역	3	115,763	231,041	이촌역	2	-	17,376
동묘앞역	2	56,138	57,468	잠실역	2	126,528	108,955
동작역	2	-	36,165	종로3가역	3	82,216	208,832
디지털미디어시티역	3	24,467	-	창동역	2	-	64,313
모란역	2	16,569	-	천호역	2	134,640	-
북정역	2	49,011	-	청구역	2	44,454	-
부평구청역	2	45,034	-	청량리역	2	-	25,618
불광역	2	24,171	17,330	충신대입구역(이수역)	2	78,713	69,819
사당역	2	-	188,501	충무로역	2	-	212,346
삼각지역	2	70,684	66,417	충정로역	2	34,388	30,293
상봉역	3	56,224	-	태릉입구역	2	96,796	-
서울역	4	-	136,347	합정역	2	133,090	106,333
석계역	2	50,271	-	홍대입구역	3	-	38,990
선릉역	2	-	156,686				

주 : 동일한 역이라도 관할역 기준으로 환승통행량을 제시하고 있기 때문에 값이 차이가 날 수 있음. 고속터미널역을 예로 들어 살펴보면 메트로에서는 [3호선↔7호선·9호선]의 환승통행량을, 서울도시철도공사에서는 [7호선↔9호선·3호선]의 환승통행량을 제시하고 있음.

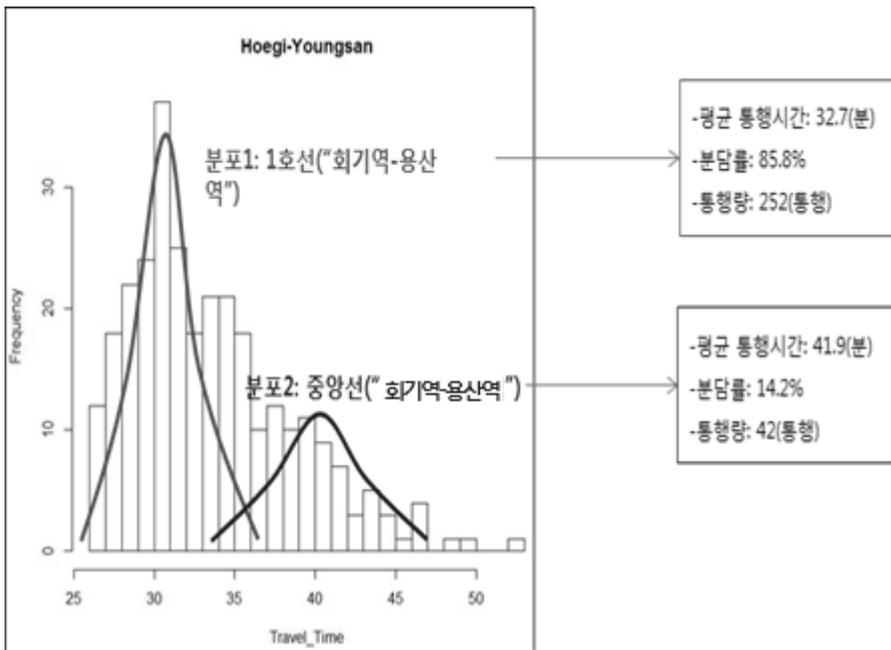
자료 : 서울도시철도공사, 2014, 서울도시철도 수송계획 / 서울메트로, 2014, 2014년도 서울메트로 수송계획

3_교통카드 이용정보 기반 경로선택행태와 교통준기반 대중교통 노선배정모형의 융합 사례

철도기술연구원의 발주로 한양대학교에서는 대중교통 수요예측 고도화의 일환으로 교통카드 이용정보의 경로선택행태와 교통준기반 확률적 대중교통 노선배정모형의 융합 기법에 대한 연구를 수행하였다.

연구에서는 hidden path 탐색을 위하여 Mixture Distribution Clustering 기법을 적용하여 분석하였으며, 경로선택 효용함수는 차내시간, 요금, 대기시간, 환승시간, 환승횟수, 정시성, 지하철 이용비율, 이용 수단과 노선에 대한 특성 변수를 제시하고 있다.

즉, 교통카드 자료에서 정류소 기반의 기·종점 통행시간을 추출하고, 동일한 기·종점 간에 다양한 경로가 존재할 경우 통행시간 분포는 혼합분포의 형태임을 주장하였다. 이러한 혼합분포의 모수 값을 산출하여 혼합분포의 형태를 규명하고, 혼합분포에서 각 데이터가 각각의 분포에 속할 확률을 산출한 후 분담률을 산출하였다.



[그림 2-3] 회기역↔용산역 hidden path 탐색 결과

모형으로 도출된 각 지하철 기·종점 간 대안경로의 분담률과 각 대안경로의 속성자료를 이용하여 지하철 내부의 경로선택 효용함수를 구축하였는데, 다음은 경로선택 효용함수³ 구축 결과를 나타낸다.

$$U_r = -0.326 IVTT - 0.260 TTime - 0.142 NoXfer - 0.279 WTime$$

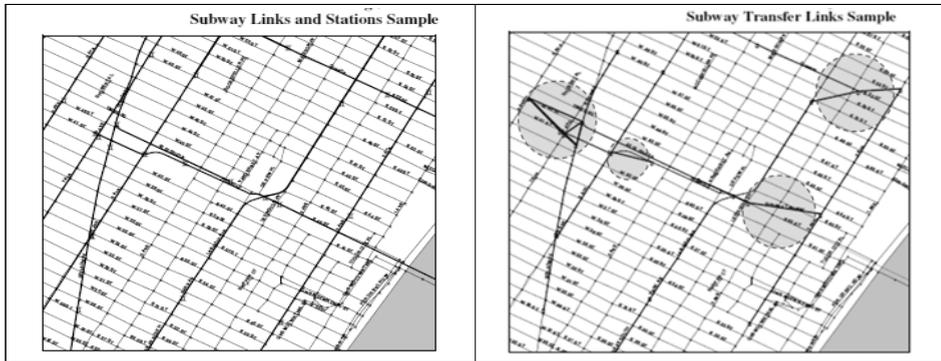
구분	IVTT (차내 시간, 분)	TTime (환승시간, 분)	NoXfer (환승횟수)	WTime (대기시간, 분)
Value of Parameter (t-value)	-0.362 (-274.968)	-0.260 (-175.568)	-0.142 (-16.388)	-0.279 (-140.661)
Rho-squared (ρ^2) = 0.462				
Subway Station – Station pairs = 15,283				

[그림 2-4] 지하철 내부의 경로선택 효용함수 구축 결과

³ 지하철 내부의 경로선택 효용함수를 구축하는 데에 활용된 변수는 IVTT(차내시간, 분), TTime(환승시간, 분), NoXfer(환승횟수, 회), WTime(대기시간, 분)이다.

4_뉴욕시 환승통행량 추정 사례

뉴욕시 대중교통공사(NYCT)는 자체적으로 대중교통 수요모형(Transit Demand Forecasting Model : TDFM)을 개발하였으며 뉴욕시 내의 모든 지하철과 버스노선을 포함하고 있다. TDFM은 TransCAD를 기반으로 하는 모형으로 지속적으로 개선되어졌으며, 각 역 간 OD를 만드는 데 메트로카드(MetroCard) 이용데이터를 활용하였다. TDFM의 실행결과인 “Subway transfer summary”는 각 지하철 노선 사이의 환승여객인원을 포함하고 있다.



[그림 2-5] 뉴욕시 환승통행량 추정을 위한 기초 네트워크

장래 환승통행량 추정결과를 장래 지하철 추가건설 여부에 따라서 시나리오로 구분하여 제시하였으며, 환승통행량은 방향별로 분리하였다. 또한 환승통행량을 기반으로 하여 환승여건에 대한 점수를 1~6으로 구분 제시하였는데, 여기서 1은 환승여건이 좋은 것을, 6은 매우 열악한 환승환경을 의미한다.

Qualitative Evaluation of 2025 AM Peak Hour Transfer Activities

Station	Route (A)	Route (B)	No Build Alternative				Build Alternative			
			Forward (Route A to Route B)		Reverse (Route B to Route A)		Forward (Route A to Route B)		Reverse (Route B to Route A)	
			Volume	Rating	Volume	Rating	Volume	Rating	Volume	Rating
125th St-Lexington Av	450	01					11,790	3	890	3
86th St-Lexington Av	0	45	80	3	990	3	200	3	1,510	3
Lexington Av-63rd St	0 SB	7 NB					1,210	2	0	-
	0 SB	7 SB					1,220	2	3,030	2
	0 NB	7 NB					390	1	20	1
	0 NB	7 SB					0	-	2,310	2
59th St-Lexington Av	45	000	3,770	6	5,890	6	3,180	4	6,460	4
	0	45	0	-	610	3	20	4	1,340	4
	0	000	2,330	6	4,060	6	830	3	5,140	3
Lexington Av-53rd St/ 51st St-Lexington Av	0	45	650	4	2,910	4	310	3	2,180	3
55th St-Second Av/ Lexington Av-53rd St	00	0					6,770	2	3,960	2
Grand Central-42nd St	450	0	2,780	4	690	4	1,310	3	1,830	3
	450	7	930	5	11,340	5	1,130	5	15,950	5
	7	0					2,240	2	270	2
14th St-Union Sq	0000	0	2,430	4	4,890	4	3,240	4	4,910	4
	00000	000	6,630	4	1,050	4	6,900	4	1,040	4
	0	000	4,380	4	1,410	4	4,210	4	1,320	4
	0	0					2,180	2	1,120	2
14th St-Second Av	0 NB	0000	0	—	2,880	2	0	—	1,630	2
	0 SB	0000	710	3	0	3	90	2	0	-
Houston St-Second Av	00	0					5,820	2	2,640	2
Grand St	00	0					6,620	2	1,290	2
Canal St	0	000	50	3	700	3	10	3	690	3
	00	00	290	2	0	-	290	2	10	2
	00	0	280	2	20	2	740	2	50	4
	00	000	880	3	1,620	3	1,630	4	1,790	3
Brooklyn Br/ Chambers St	450	000	60	3	950	3	90	3	830	3
Fulton St/ Broadway-Nassau	45	45	690	3	5,110	3	740	3	5,830	4

Notes:
Ratings were made as follows: 1 = Good operating condition; 2 = Satisfactory condition; 3 = Borderline satisfactory condition; 4 = Moderate crowding, condition; 5 = Severe crowding condition; 6 = Extreme crowding condition. Volumes between 1 and 10 were rounded to 10.
Source: Vollmer Associates based upon NYCT Model Outputs. Ratings by Vollmer Associates

[그림 2-6] 뉴욕시 장래 환승통행량 추정 결과

03

환승통행량 추정을 위한 기초자료

- 1_교통카드 및 Daum 네트워크 자료
- 2_환승역별 환승여건 및 시설 조사 자료
- 3_지하철 환승객 설문조사 자료

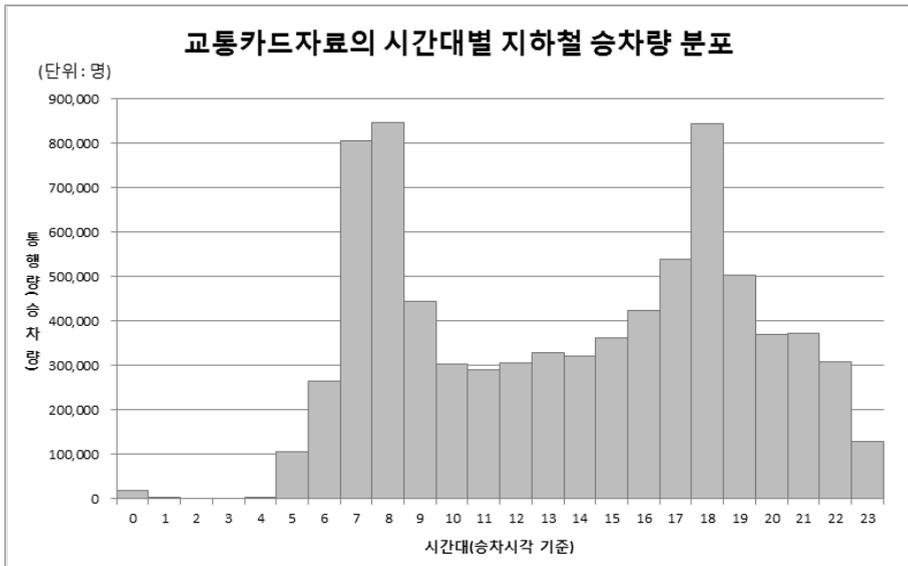
03 | 환승통행량 추정을 위한 기초자료

1_교통카드 및 Daum 네트워크 자료

1) 교통카드 자료

환승통행량 추정을 위해 가장 중요한 자료는 역 간 기종점통행량(OD)이라 할 수 있다. 역 간 기종점통행량은 출발역(Origin)에서 탑승하여 도착역(Destination)에 하차하는 통행량이다. 대중교통 이용자의 승·하차정류장 위치와 시간/비용적 통행속성 관측값을 포함하고 있는 교통카드 자료를 역 간 기종점통행량 자료로 활용하였다.

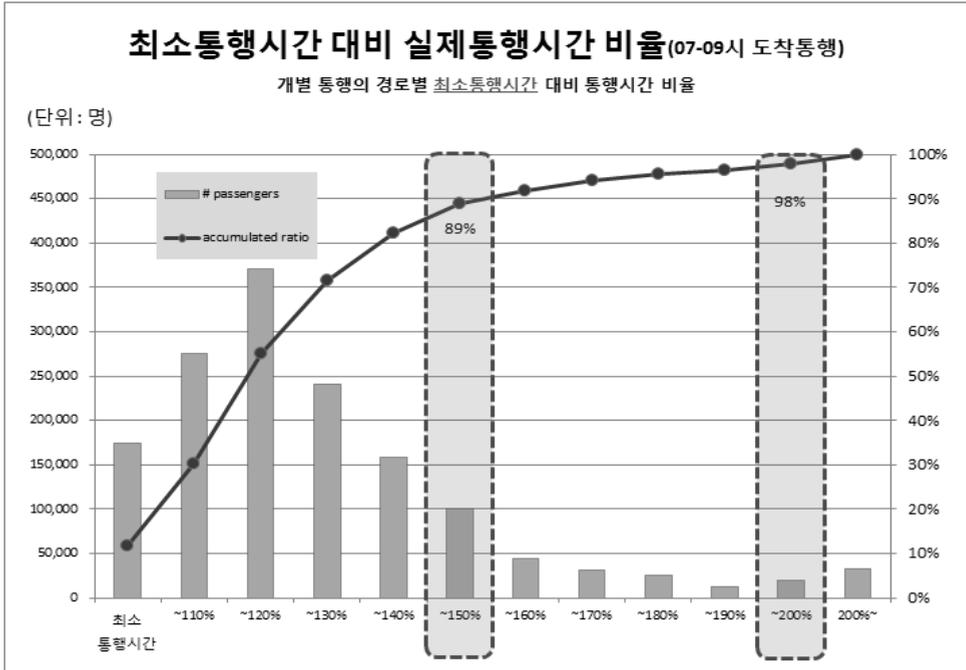
교통카드 자료를 활용하여 기초분석을 수행한 결과, 2013년 10월 평일 기준으로 지하철 기종점통행량은 789만 통행/일이다.⁴ 시간대별 승차인원을 보면 오전첨두시인 08시와 오후첨두시인 18시의 통행량이 가장 많은 것으로 나타났다.



[그림 3-1] 교통카드 자료의 시간대별 지하철 승차량 분포

⁴ 본 연구에 활용된 교통카드 자료는 일회권과 정기권이 제외된 자료이며, 출도착역이 없거나 출도착역이 동일한 이상데이터 통행은 삭제된 자료이다.

각 출발-도착역(OD) 쌍별 ‘최소통행시간 대비 실제통행시간 비율’⁵ 을 살펴본 결과 89%의 지하철 이용자의 실제통행시간은 최소통행시간의 1.5배 이내이고, 98%의 지하철 이용자의 실제통행시간은 최소통행시간의 2.0배 이내인 것으로 분석되었다.⁶



주 : 최소통행시간 대비 실제통행시간 비율 = $\frac{\text{실제통행시간}}{\text{최소통행시간}} \times 100$

[그림 3-2] 최소통행시간 대비 실제통행시간 비율

5 이때의 ‘최소통행시간 대비 실제통행시간 비율’은 대안경로의 정의에 큰 영향을 미치는 변수이다. 뒤에서 살펴볼 포털(Daum)의 대안경로 기준은 통행시간(최단시간의 2배 이내) 및 환승횟수(최소환승횟수+1회 이내)이다.

6 지하철 통행은 첨두시와 비첨두시 배차간격 차이로 인하여 시간대별로 통행시간 차이가 날 가능성이 높다. 본 연구에서는 오전첨두시 통행(07~09시 도착통행)을 기준으로 분석을 수행하였다.

[표 3-1] 지하철 이용자의 최소통행시간 대비 실제통행시간 비율

비율구간	이용자 수	누적이용자 수	누적비율
100% (최소통행시간)	173,590명	173,590명	12%
100% ~ 110%	275,321명	448,911명	30%
110% ~ 120%	370,431명	819,342명	55%
120% ~ 130%	240,856명	1,060,198명	71%
130% ~ 140%	158,390명	1,218,588명	82%
140% ~ 150%	100,641명	1,319,229명	89%
150% ~ 160%	44,232명	1,363,461명	92%
160% ~ 170%	31,231명	1,394,692명	94%
170% ~ 180%	25,365명	1,420,057명	96%
180% ~ 190%	11,958명	1,432,015명	96%
190% ~ 200%	19,891명	1,451,906명	98%
200% ~	32,313명	1,484,219명	100%

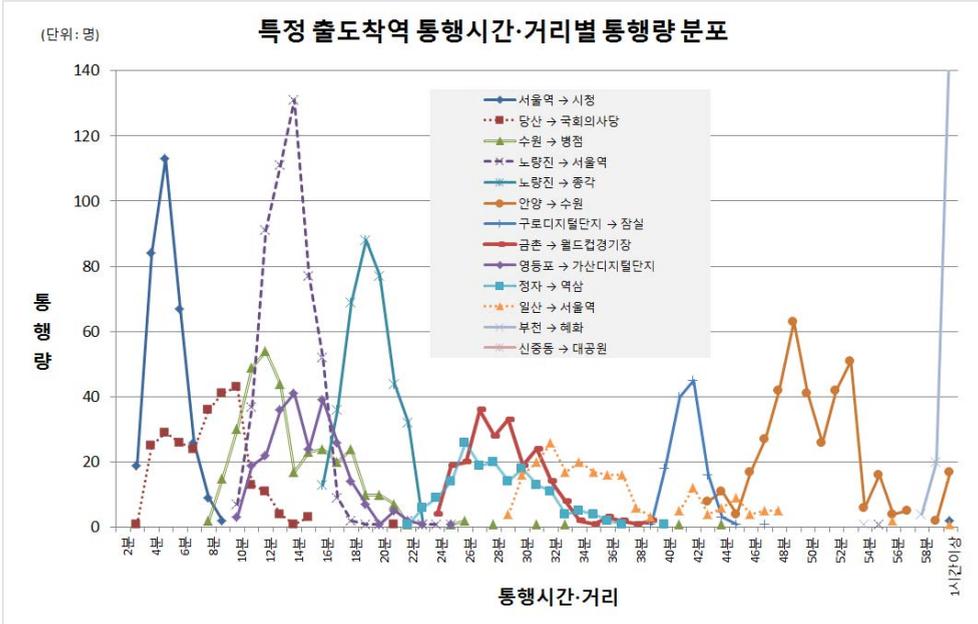
주 : 오전첨두시 통행(07~09시 도착통행) 기준

최소통행시간 대비 실제통행시간 비율을 통행거리별로 분석한 내용은 [그림 3-3]과 같다. 초단거리(통행거리 1~10분)에서는 절대통행시간이 작기 때문에 200% 이상의 경우도 어느 정도 있지만, 단중거리(통행거리 11~60분)에서는 120%를 최빈값으로 150% 내로 분포하는 것을 알 수 있다. 한편 중장거리(통행거리 61~70분)에서는 대부분 120% 내로 분포하고 있다.

통행거리 최소시간 대비 실제통행시간 비율	통행거리											계
	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101분 이상	
100%	11,772	20,137	24,010	23,374	18,373	13,125	9,225	6,002	3,810	2,334	3,818	135,980
~110%	3,090	30,603	47,493	44,126	25,526	12,501	6,490	2,878	1,300	560	455	175,022
~120%	19,991	59,928	60,630	38,461	18,574	7,716	3,378	1,407	465	173	121	210,844
~130%	18,370	44,402	32,022	17,011	7,125	2,741	1,089	404	125	61	44	123,394
~140%	19,952	29,131	15,798	6,957	2,338	956	307	150	49	17	22	75,677
~150%	18,326	17,275	7,029	2,602	887	327	129	39	21	11	13	46,659
~160%	7,607	7,838	2,751	937	337	92	47	22	6	4	3	19,644
~170%	8,297	5,112	1,243	436	166	50	15	10	3	4	1	15,337
~180%	7,968	3,054	737	204	72	25	16	5	1		-	12,082
~190%	3,790	1,644	338	121	46	14	5	5	1		2	5,966
~200%	8,030	1,576	256	75	26	9	4				1	9,977
200% 이상	14,157	2,025	551	232	89	38	15	9			-	17,116
계	141,350	222,725	192,858	134,536	73,559	37,594	20,720	10,931	5,781	3,164	4,480	847,698

[그림 3-3] 통행거리별 최소통행시간 대비 실제통행시간 비율

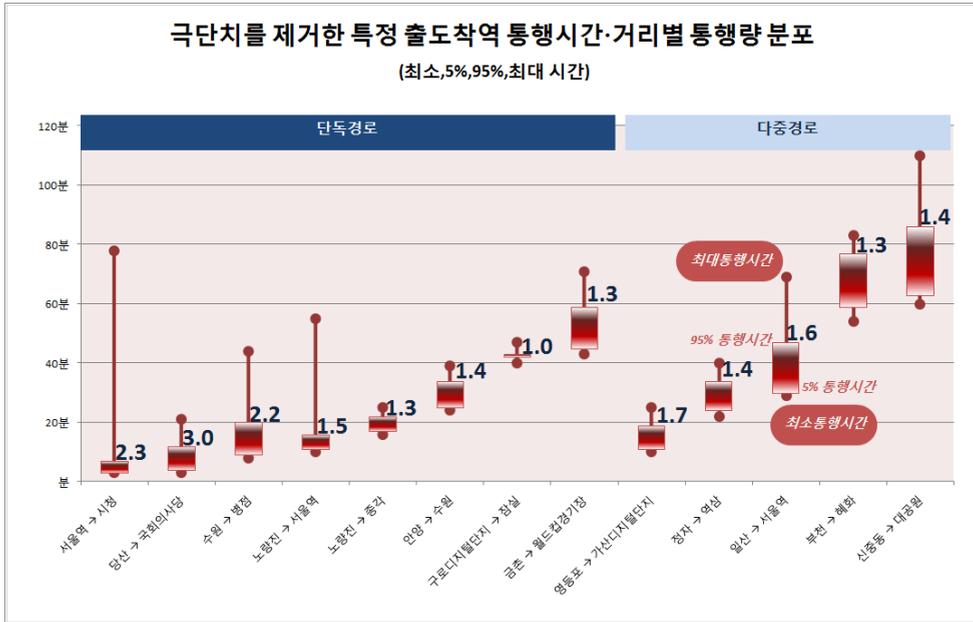
통행시간거리별 통행량 분포를 개별 출도착지 사례로 살펴보면 [그림 3-4]에서 보는 바와 같이 통행시간의 변동폭이 있지만 유사한 형태의 분포를 보이고 있다.



[그림 3-4] 특정 출도착역 통행시간·거리별 통행량 분포

통행시간거리별 통행량 분포가 극단치의 영향을 받을 수 있기 때문에 통행시간을 기준으로 상위 5%(5% 통행시간)와 하위 5%(95% 통행시간)를 제거한 상태에서 최소통행시간 대비 최대통행시간 비율을 보면 [그림 3-5]와 같다.

최소통행시간 대비 최대통행시간 비율(‘하위 5% 통행시간’ / ‘상위 5% 통행시간’)은 단거리보다 장거리 출도착역이 큰 경향이 있지만, 단중거리 출도착역도 큰 차이를 보이지 않고 있다. 이는 극단치를 제거하더라도 실제통행시간은 최소통행시간에 대부분 집중되지 않고 일정한 분포를 갖고 있음을 의미한다.



[그림 3-5] 극단치를 제거한 특정 출도착역 통행시간·거리별 통행량 분포

2) Daum 네트워크 자료

Daum과 네이버 등의 포털에서는 지도서비스와 함께 지하철 길찾기 정보를 제공하고 있다. 이러한 포털 정보는 제공된 경로정보가 맞지 않을 경우 이용자의 의견을 들을 수 있는 피드백 체계가 갖추어져 있어 자료가 주기적으로 보완·수정된다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 포털의 지도서비스 중 Daum 지도서비스⁷ 자료를 활용하여 이용자가 선택가능한 지하철경로 정보를 설정하였다. 그러나 Daum 정보는 배차간격 정보가 실시간으로 적용되어 동일역이라 하더라도 출발시각에 따라 상이하게 반영되기 때문에 첨두시와 비첨두시 배차간격이 다른 문제점이 있다. 이러한 문제점을 최소화하기 위해서 본 연구에서는 첨두시(AM08기준)와 비첨두시(PM02기준)로 네트워크를 구분하여 분석하였다.

Daum에서는 동일한 출도착지에 대해 지하철 경로를 최소 1개에서 최대 5개까지 제공하

⁷ Daum 지하철 길찾기 알고리즘 : 최단시간 > 환승횟수 > 경유정류장 수 (최대 5개의 대안경로 제시)
지하철역 수 : 527개 역 (의정부경전철, 에버라인 포함, 중복 역은 1개로 표현)

고 있어 현재 276,043개⁸의 출발-도착역(OD) 쌍에 대해 624,393개의 경로정보를 제공하고 있다.⁹

[표 3-2] Daum 네트워크 기본정보

구분			출발-도착역(OD) 쌍의 수		경로의 수	
1-1	단독경로 (대안경로 1개)	무환승	23,399개	8.50%	23,399개	3.7%
1-2		환승	66,775개	24.00%	66,775개	10.7%
II	다중경로 (대안경로 2개 이상)		185,869개	67.50%	534,683개	85.6%
계			276,043개	100.00%	624,393개	100.0%

한편 지하철 경로는 단독경로와 다중경로로 분류할 수 있는데 단독경로는 대안경로가 1개인 경로를, 다중경로는 대안경로가 2개 이상인 경로를 의미한다. 단, 단독경로의 전체가 무환승 경로는 아니며, 환승을 하는 경로도 단독경로로 분류될 수 있다.



[그림 3-6] 지하철 통행경로 분류

⁸ 자료가 이상한 일부 역, 미개통역 등 제외

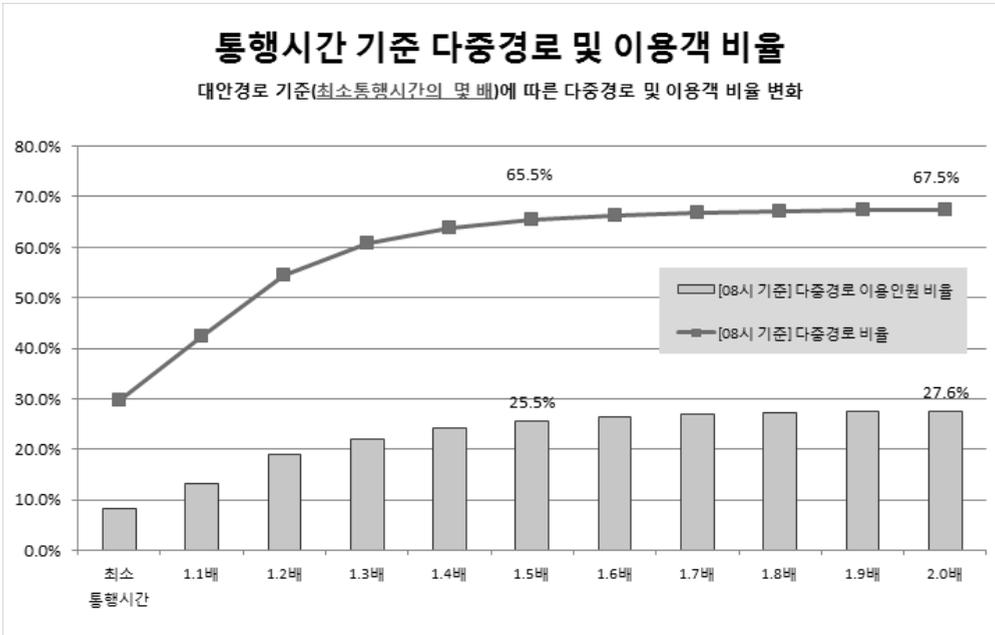
⁹ 첨두시(AM08 기준) 기준

3) 교통카드와 Daum 네트워크 자료의 결합 분석

동일한 출도착역을 기준으로 Daum 지하철 경로정보와 교통카드 정보를 결합(Matching)하여 분석한 결과는 [그림 3-7], [표 3-3]과 같다.

대안경로를 최소통행시간의 2.0배 이내로 봤을 때 전체 출도착역의 67.5%가 다중경로(27.6만 개 출도착역 중 18.6만 개 출도착역)인 반면, 전체 이용자의 27.6%만이 다중경로를 이용(789만 명 중 218만 명)하는 것으로 분석되었다.

따라서 다중경로 이용자인 218만 명에 대한 통행경로를 파악하는 것이 본 연구의 주목적이다.



[그림 3-7] 통행시간 기준 다중경로 및 이용객 비율

[표 3-3] 통행시간 기준 다중경로 및 이용객 비율

(단위 : 개, 명)

구분	경로개수			이용인원		
	단독경로	대안경로		단독경로	대안경로	
최소시간(100%)	195,028	81,015	29.3%	7,244,641	649,923	8.2%
~110%	161,332	114,711	41.6%	6,870,817	1,023,747	13.0%
~120%	127,453	148,590	53.8%	6,410,167	1,484,397	18.8%
~130%	109,580	166,463	60.3%	6,158,290	1,736,274	22.0%
~140%	100,739	175,304	63.5%	5,998,498	1,896,066	24.0%
~150%	95,908	180,135	65.3%	5,884,790	2,009,774	25.5%
~160%	93,666	182,377	66.1%	5,822,944	2,071,620	26.2%
~170%	92,287	183,756	66.6%	5,781,748	2,112,816	26.8%
~180%	91,384	184,659	66.9%	5,750,578	2,143,986	27.2%
~190%	90,763	185,280	67.1%	5,731,825	2,162,739	27.4%
~200%	90,174	185,869	67.3%	5,714,207	2,180,357	27.6%

주 : 통행시간의 몇 %까지를 대안경로로 볼 것인가에 따라 변화하는 단독경로 및 대안경로의 수/환승인원에 관한 표. 다중경로(185,869) 중 차순위시간경로의 통행시간이 최단시간경로의 통행시간의 150% 이내에 드는 경로는 180,135개이며, 이는 전체(276,043개)의 65.3% 수준임

2_환승역별 환승여건 및 시설 조사 자료

1) 환승역의 기본적 시설여건 특성

수도권 지하철역의 환승역은 전체 527개 역 중 82개 역이다. 역별로 통과하는 노선 수에 따라서 구분하면 2개 노선이 환승하는 역이 80.5%(66개)로 대부분을 차지하고 있으며, 1개 노선 환승역은 6.1%(5개), 3개 노선 환승역은 9.8%(8개), 4개 노선 환승역은 3.7%(3개)에 불과하다.

[표 3-4] 수도권 환승역 분류(통과노선 수)

구분	역 개수		비고
1개 노선 환승	5개 역	6.1%	강동역, 가좌역, 구로역, 금천구청역, 병점역
2개 노선 환승	66개역	80.5%	-
3개 노선 환승	8개 역	9.8%	고속터미널역, 동대문역사문화공원역, 종로3가역, 김포공항역, 디지털미디어시티역, 상봉역, 신도림역, 홍대입구역
4개 노선 환승	3개 역	3.7%	왕십리역, 공덕역, 서울역
계	82개역	100.0%	

주 : 1개 노선 환승역은 동일호선 간 환승역임
신도림역은 2호선, 1호선, 2호선지선 총 3개 노선이 환승하는 역으로 분류함

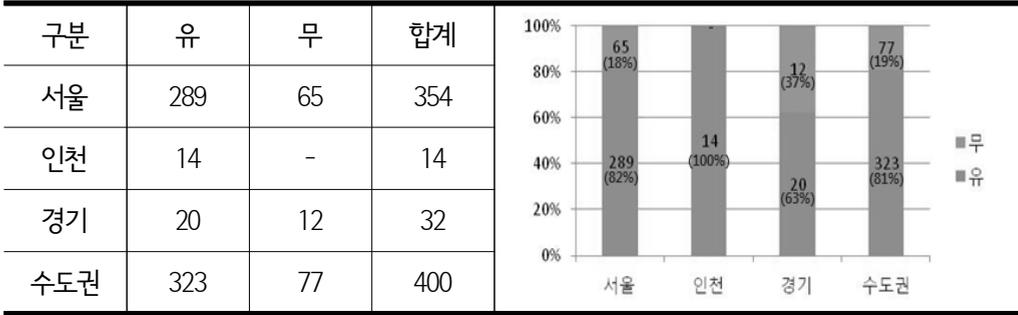
지역별로 살펴보면 서울지역에 84.1%가 분포하고 있어 수도권 환승역의 대부분은 서울에 위치하고 있음을 알 수 있다.

[표 3-5] 수도권 환승역 분류(행정구역)

구분	역 개수	
서울	69개 역	84.1%
인천	4개 역	4.9%
경기	9개 역	11.0%
계	82개 역	100.0%

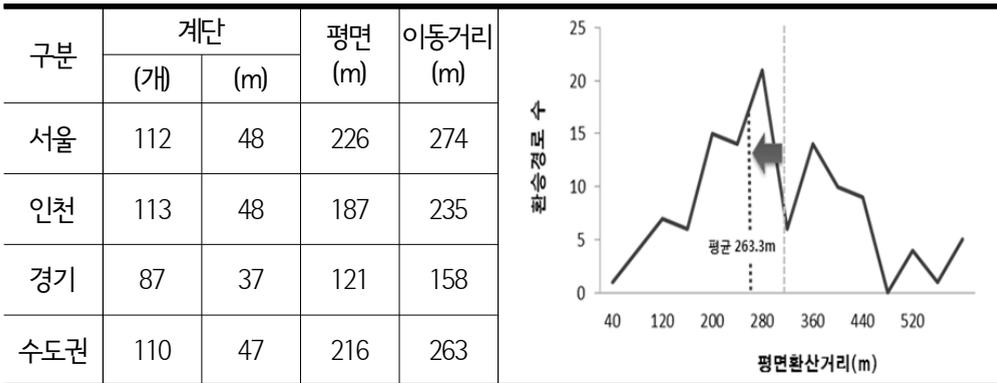
지하철-지하철 환승경로의 에스컬레이터 비율은 인천 100%, 서울 82%, 경기 63% 순으로 나타났는데 이는 인천의 지하철이 최근에 건설되었기 때문이다.¹⁰

[표 3-6] 지하철-지하철 간 에스컬레이터 현황



서울의 지하철-지하철 환승 거리는 총 274m이며 이는 경사거리 48m(계단 11개)와 평면 거리 226m의 합계이다.¹¹

[표 3-7] 지하철-지하철 환승 거리

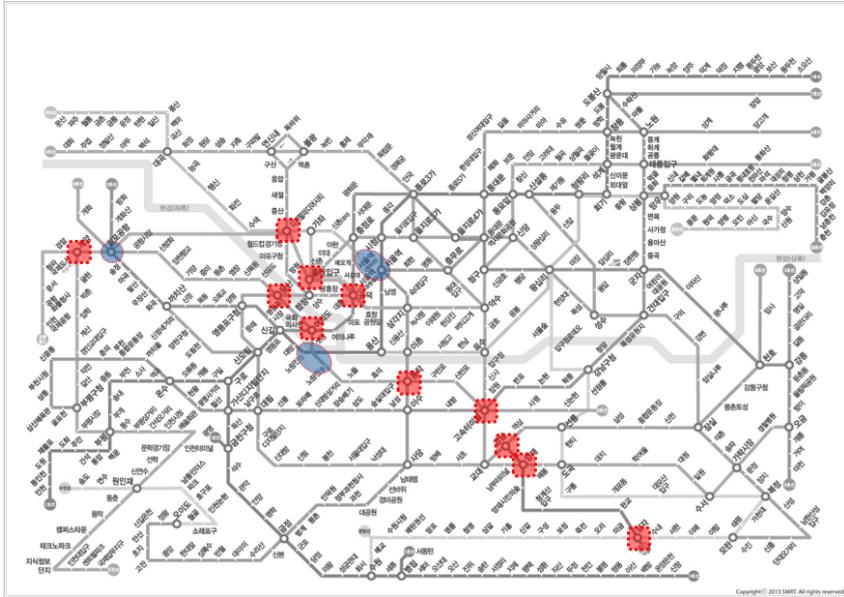


¹⁰ [2014년도 수도권여객기종점통행량(O/D) 현행화 공동사업]의 자료를 활용하였다.

¹¹ [2014년도 수도권여객기종점통행량(O/D) 현행화 공동사업]의 자료를 활용하였다.

2) 환승역 검증량(민자노선 환승태그량)

민자도시철도(9호선, 공항철도, 신분당선 등)가 운영을 시작하면서 도입된 환승게이트에 의해 환승통행량을 부분적으로 파악할 수 있게 되었다. 수도권에는 현재 14개의 민자노선 환승역이 있으나, 이 중 활용 가능한 환승게이트 정보는 11개 수준이다.¹²

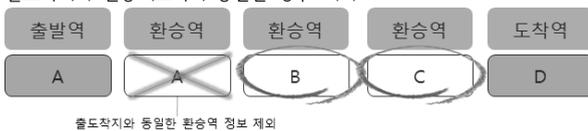


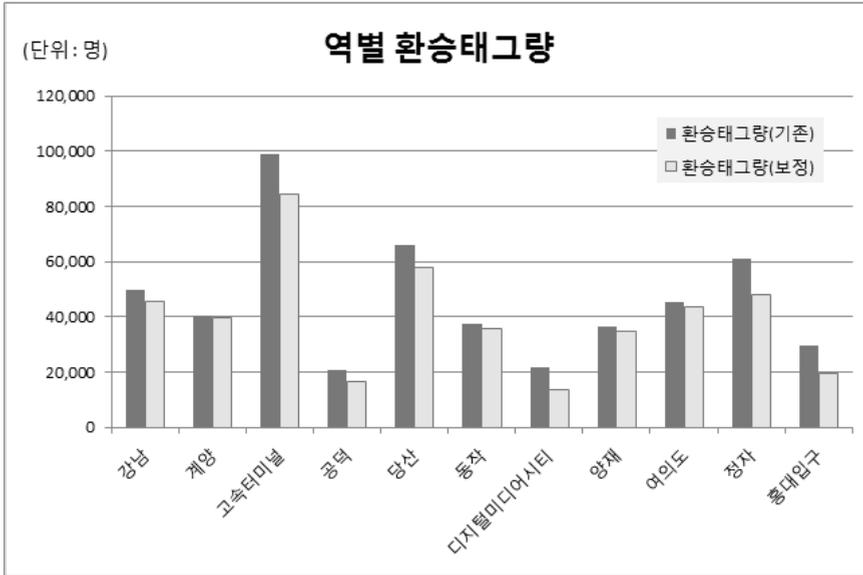
[그림 3-8] 전체 지하철역 중 환승게이트가 있는 역

환승태그에는 출도착지와 동일한 곳에서 환승하는 오류 정보가 있는데, 이를 제외하여 분석을 수행하였다. 결과적으로 전체 51만 개의 환승통행 중 보정과정¹³ 을 거쳐 44만 통행의 환승태그량을 검증데이터로 활용하였다.

¹² 서울역과 노량진역은 환승게이트가 없고, 일반게이트를 나와서 지하철 외부 보도(공간)를 거쳐서 환승하는 구조로 되어 있다. 김포공항역은 동일평면상에서 환승게이트를 거치지 않고 환승을 할 수 있는 구조로 되어 있어서 전체 환승태그량을 파악하기 어렵기 때문에 제외한다.

¹³ 출도착지와 환승태그역이 동일한 경우 제외





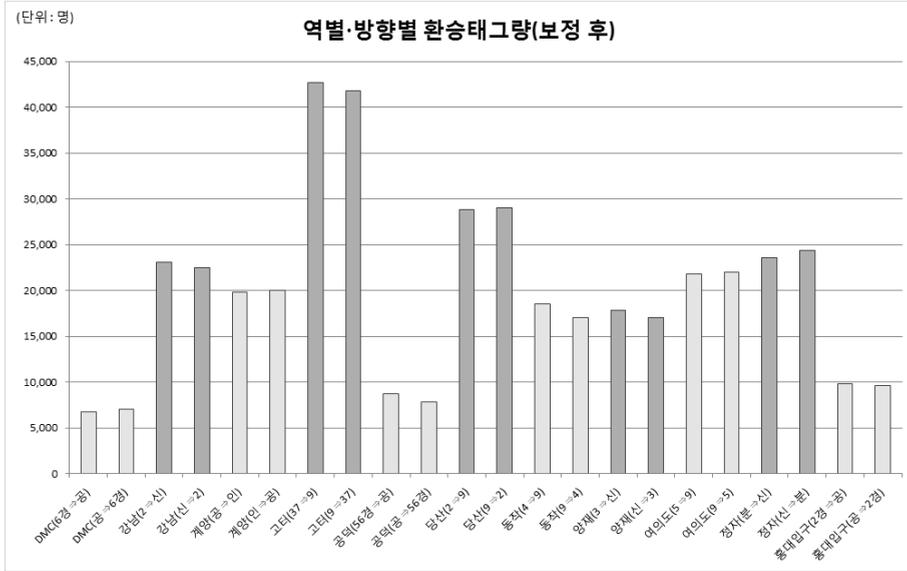
[그림 3-9] 역별 환승태그량

[표 3-8] 역별 환승태그량

(단위 : 명)

환승역	환승태그량 (기존)	환승태그량 (보정)	환승역	환승태그량 (기존)	환승태그량 (보정)
강남	49,905	45,557	디지털미디어 시티	21,675	13,849
계양	40,572	39,852	양재	36,272	34,833
고속터미널	99,060	84,536	여의도	45,475	43,880
공덕	20,773	16,582	정자	61,009	47,940
당산	65,886	57,883	홍대입구	29,852	19,489
동작	37,449	35,550	합계	507,928	439,951

추가적으로 검증 대상을 증대하기 위하여 환승역을 방향별로 구분하여 세분화하는 과정을 거쳤다. 세분화 과정에서 3개 노선 이상이 통과하는 환승역은 호선 간 조합이 복잡하고 자료구분이 어렵기 때문에 2개 방향 조합으로 단순화하였다. 예를 들어 'DMC(6경⇒공)'는 6호선/경의선에서 공항철도로 환승하는 것을 의미한다.



[그림 3-10] 역별·방향별 환승태그량(보정 후)

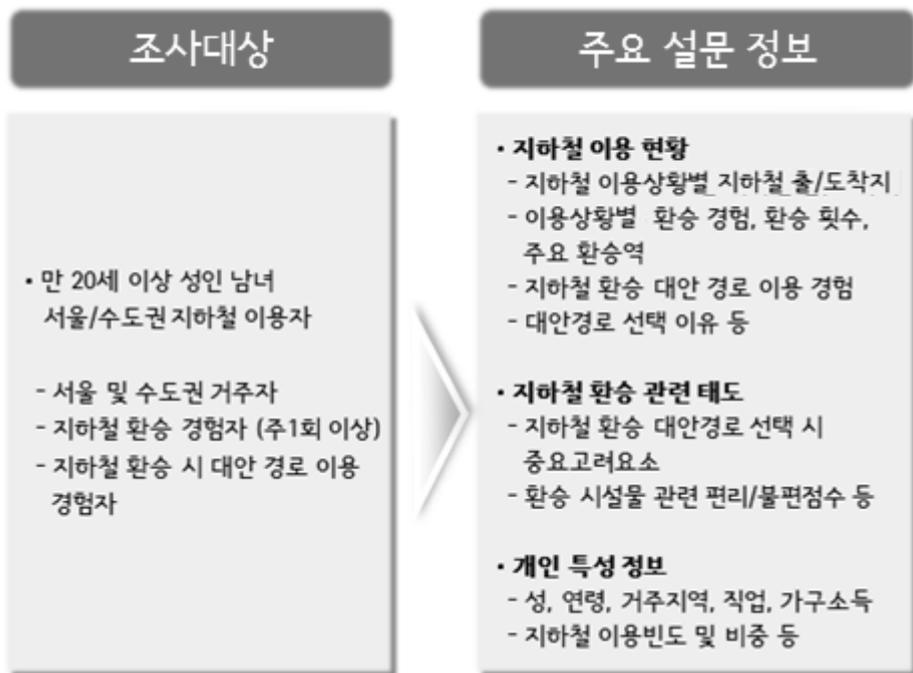
[표 3-9] 역별·방향별 환승태그량(보정 후)

환승역(방향별)	환승태그량(보정)	환승역(방향별)	환승태그량(보정)
DMC(6경→공)	6,764	당산(9→2)	29,031
DMC(공→6경)	7,085	동작(4→9)	18,520
강남(2→신)	23,061	동작(9→4)	17,030
강남(신→2)	22,496	양재(3→신)	17,799
계양(공→인)	19,867	양재(신→3)	17,034
계양(인→공)	19,985	여의도(5→9)	21,857
고터(37→9)	42,749	여의도(9→5)	22,023
고터(9→37)	41,787	정자(분→신)	23,565
공덕(56경→공)	8,782	정자(신→분)	24,375
공덕(공→56경)	7,800	홍대입구(2경→공)	9,864
당산(2→9)	28,852	홍대입구(공→2경)	9,625
		합계	439,951

3_지하철 환승객 설문조사 자료

1) 설문조사 개요

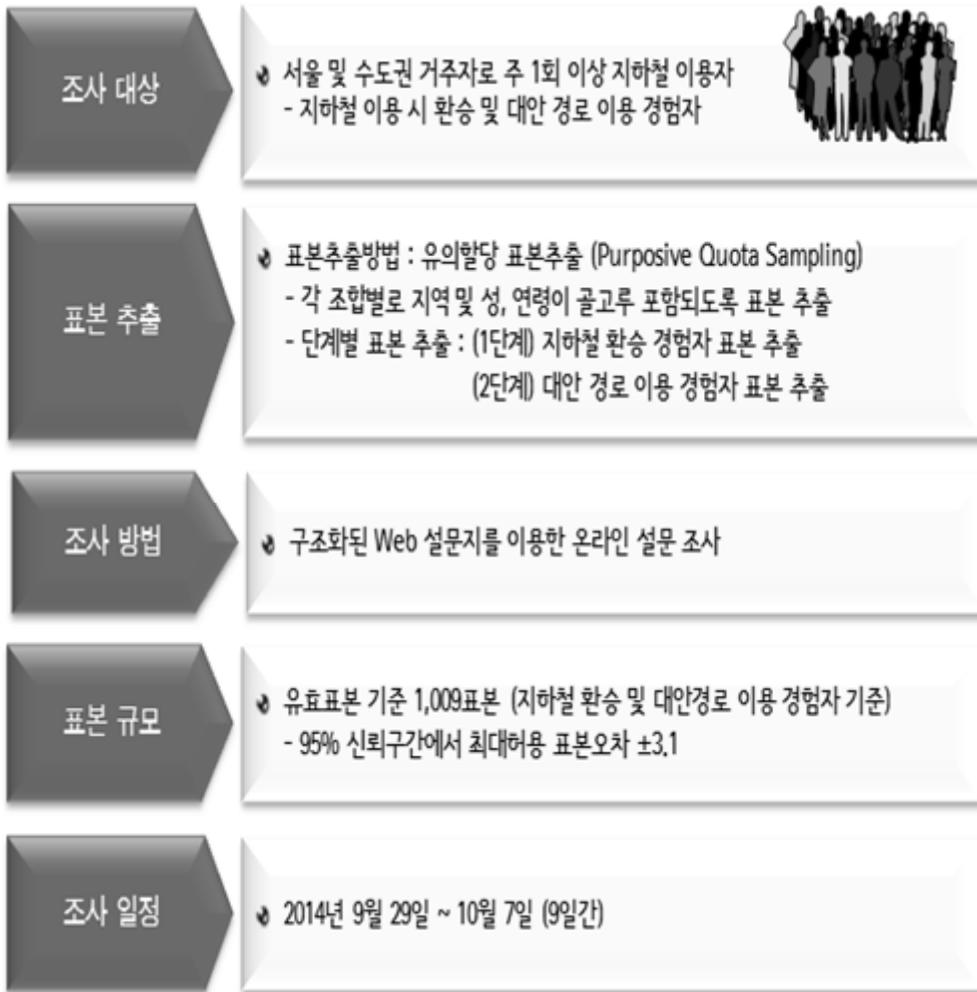
본 조사는 서울/수도권 지하철 이용자를 대상으로 지하철 환승 여부 및 주요 환승역, 환승횟수 등 환승과 관련된 이용 실태를 파악하며, 환승 시 대안 경로와 대안 경로 선택 시 중요 고려요소, 대안 경로 선택 이유 등의 파악을 통하여 지하철 환승 통행량 추정을 위한 기초 자료를 확보하는 데 목적이 있다.



[그림 3-11] 설문조사 대상 및 주요 설문 정보

조사는 서울 및 수도권 거주자를 대상으로 최소 주 1회 이상 지하철을 이용하면서 다른 노선으로 환승 및 대안경로 이용 경험자로 국한하여 조사하였다. 조사방법은 구조화된 설문지를 이용하여 온라인 설문조사로 진행하였다.

조사 결과 총 1,094표본이 조사되었으며, 이 중에서 불성실 응답 및 논리적 오류 등 85표본은 유효 표본에서 제외되어 총 유효표본 수는 1,009표본이다(95% 신뢰구간에서 최대 허용 오차범위는 $\pm 3.1\%$).



[그림 3-12] 설문조사 개요

2) 설문조사 내용

설문조사는 크게 ‘지하철 이용 목적 및 환승상황 관련’, ‘지하철 이용 세부 실태 관련’, ‘지하철 환승경로 선택 행동’에 관하여 진행되었다. 또한 기본설문인 ‘표본 특성 관련’ 내용도 함께 조사하였다.

[표 3-10] 설문조사 내용

구분	세부 조사 내용
지하철 이용 목적 및 환승상황 관련	<ul style="list-style-type: none"> · 지하철 이용 빈도 · 지하철 이용 목적별 지하철 이용 여부 <ul style="list-style-type: none"> - 출근, 퇴근, 등교, 하교, 회사업무, 개인용무 등에 따른 지하철 이용 여부 · 지하철 이용 목적별 지하철 환승 여부 <ul style="list-style-type: none"> - 출근, 퇴근, 등교, 하교, 회사업무, 개인용무 등에 따른 지하철 환승 여부 · 대안 경로 이용 경험 및 이용 경로
지하철 이용 세부 실태 관련	<ul style="list-style-type: none"> · 지하철 이용 목적별 주이용 지하철 노선/역 <ul style="list-style-type: none"> - 출근, 퇴근, 등교, 하교, 회사업무, 개인용무별 지하철 주이용 노선/역 - 출발역, 환승역, 도착역 등 지하철 이용 목적별 대안 경로 노선/역 - 출근, 퇴근, 등교, 하교, 회사업무, 개인용무별 지하철 대안 경로 노선/역 - 출발역, 환승역, 도착역 등 · 출발지에서 지하철 출발역까지 접근수단 및 소요시간 · 지하철 도착역에서 목적지까지 접근수단 및 소요시간 · 지하철 이용 시 승차 및 환승, 도착시간 · 지하철 주이용 경로를 자주 이용하는 이유 · 대안 경로를 자주 이용하지 않는 이유
지하철 환승경로 선택 행동	<ul style="list-style-type: none"> · 지하철 환승 경로 선택 시 중요 고려요소 <ul style="list-style-type: none"> - 시간 및 요금, 환승역 특성, 경로 특성 측면 · 지하철 시설물 이용 관련 편리/불편 정도
표본 특성 관련	<ul style="list-style-type: none"> · 성, 연령, 거주 지역, 직업, 가구원 수, 최종학력, 승용차 보유 여부, 가구 소득 등

3) 설문조사 결과

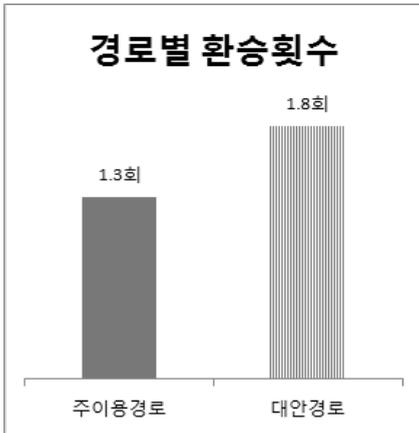
응답자의 기본 특성(지역, 성별, 연령 등)을 살펴본 결과는 다음과 같다.

[표 3-11] 응답자 표본 특성

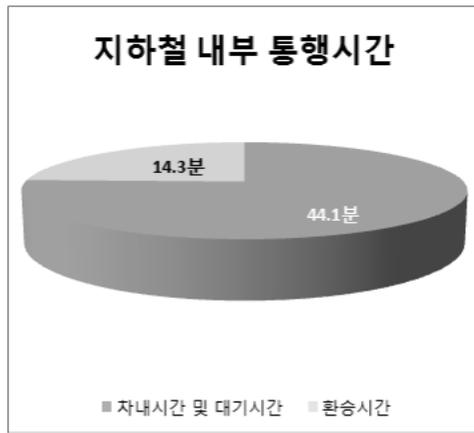
구분		사례 수(명)	구성비(%)
전체		1,009	100.0
거주 지역	서울시	652	64.6
	경기/인천	357	35.4
성별	남성	596	59.1
	여성	413	40.9
연령	20대 이하	226	22.4
	30대	364	36.1
	40대	321	31.8
	50대 이상	98	9.7
경제활동 여부	경제활동하고 있음	782	77.5
	순수학생	111	11.0
	전업주부/무직/기타	116	11.5
지하철 이용 빈도	주 5일 이상	607	60.2
	주 3~4일	228	22.6
	주 1~2일	174	17.2
가구원 수	1~2인	189	18.7
	3인	314	31.1
	4인	402	39.8
	5인 이상	104	10.3
최종학력	고졸 이하	100	9.9
	전문대졸/대졸	694	68.8
	대학원졸 이상	146	14.5
	재학생	69	6.8
직업	경영/관리/사무/기술	544	53.9
	전문/자유/자영업	175	17.3
	판매/서비스/생산/운수	63	6.2
	주부/학생/무직/기타	227	22.5
승용차 보유 여부	보유	551	54.6
	미보유	458	45.4

경로별 환승횟수를 살펴보면 주이용경로에서는 1.3회 환승을 하는 반면, 대안경로에서는 1.8회 환승을 하는 것으로 나타났다. 이를 통하여 사람들은 환승이 적은 경로를 주 이용 경로로 선택하는 것을 알 수 있다.

주이용경로를 기준으로 지하철 내부 통행시간은 차내시간 및 대기시간이 44.1분, 환승시간이 14.3분으로 나타나서 전체 시간 중 환승시간의 비중이 32.4%로 나타났다.

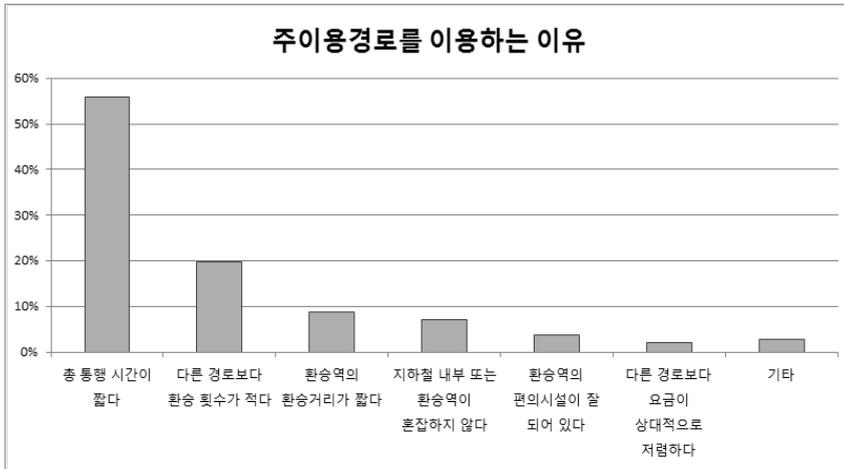


[그림 3-13] 경로별 환승횟수

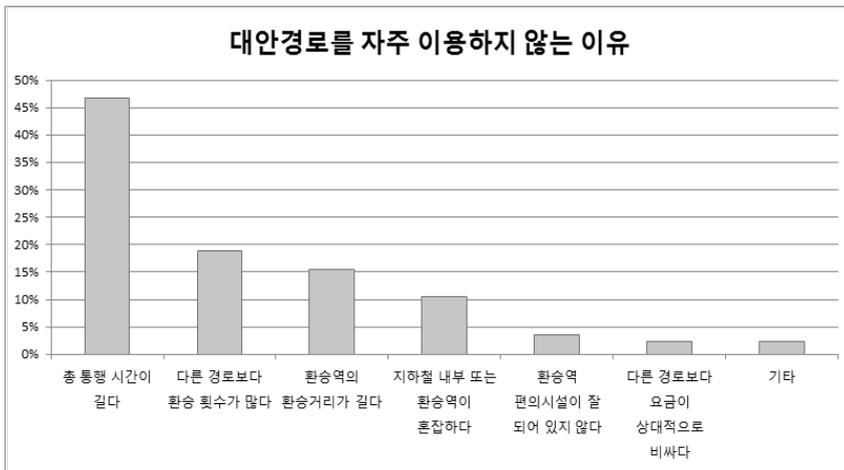


[그림 3-14] 지하철 내부 통행시간

주이용경로를 이용하는 이유를 보면, 1순위 기준으로 '총 통행시간이 짧아서'가 57.8%로 가장 많았으며, 그다음으로 '환승 횟수가 적다'가 18.8%, '환승 거리가 짧다'가 8.1% 등의 순으로 나타났다. 대안경로를 자주 이용하지 않는 이유를 보면, 1순위 기준으로 '총 통행시간이 길어서'가 45.9%로 가장 많았으며, 그다음으로 '환승 횟수가 많다'가 19.3%, '환승 거리가 길다'가 15.7% 등의 순으로 나타났다. 이를 통하여 전반적으로 총 통행시간 및 환승 횟수, 환승 거리 등의 요인이 지하철 이용 경로 선택 시 중요하게 고려되고 있음을 알 수 있다.

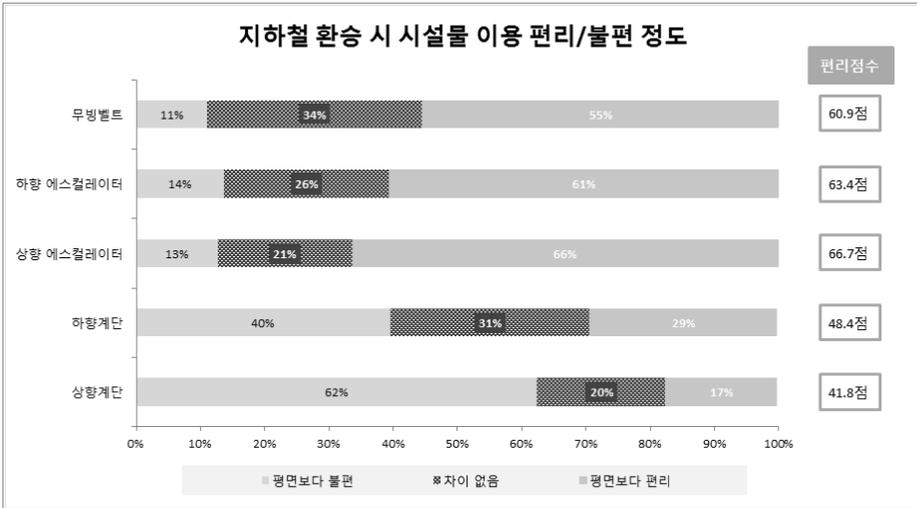


[그림 3-15] 주이용경로를 이용하는 이유



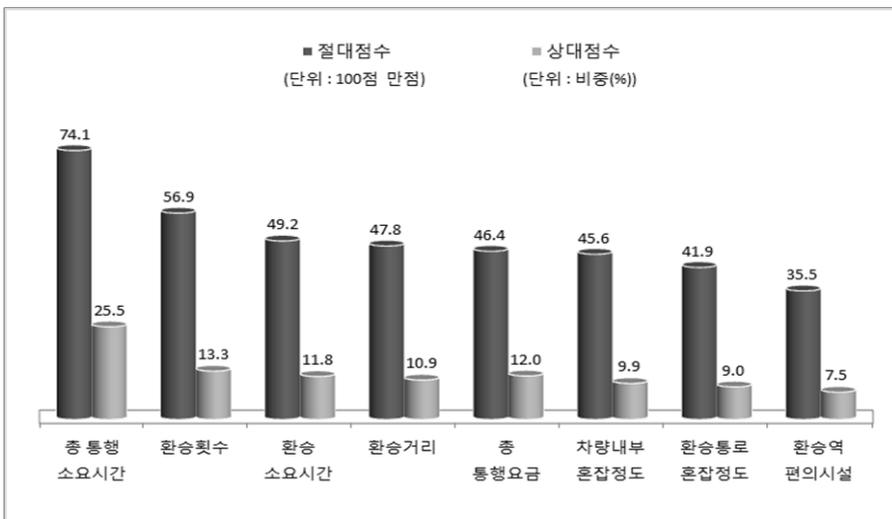
[그림 3-16] 대안경로를 자주 이용하지 않는 이유

지하철 환승을 위한 시설물 이용에 대해 편리점수가 가장 높은 요소는 ‘상향 에스컬레이터’(66.7점)로 나타났으며, 그다음으로 ‘하향 에스컬레이터’(63.4점), ‘무빙벨트’(60.9점) 등의 순으로 나타났다. 전반적으로 도보로 이용해야 하는 상향/하향 계단에 대한 편리점수가 상대적으로 낮은 결과를 보이고 있다.



[그림 3-17] 지하철 환승을 위한 시설물 이용 편리/불편 정도

지하철 환승 경로 선택 시 중요 고려요소로 ‘총 통행 소요시간’에 대한 중요점수가 74.1점으로 가장 높았으며, 그다음으로 ‘환승 횟수’ 56.9점, ‘환승 소요시간’ 49.2점 등의 순으로 나타났다. 전반적으로 지하철 환승 경로 선택 시 요금이나 혼잡정도, 편의시설보다는 소요시간 및 소요시간과 연관성이 높은 환승횟수나 환승거리를 우선적으로 고려하고 있는 것으로 볼 수 있다.



[그림 3-18] 지하철 환승 경로 선택 시 중요 고려요소

04

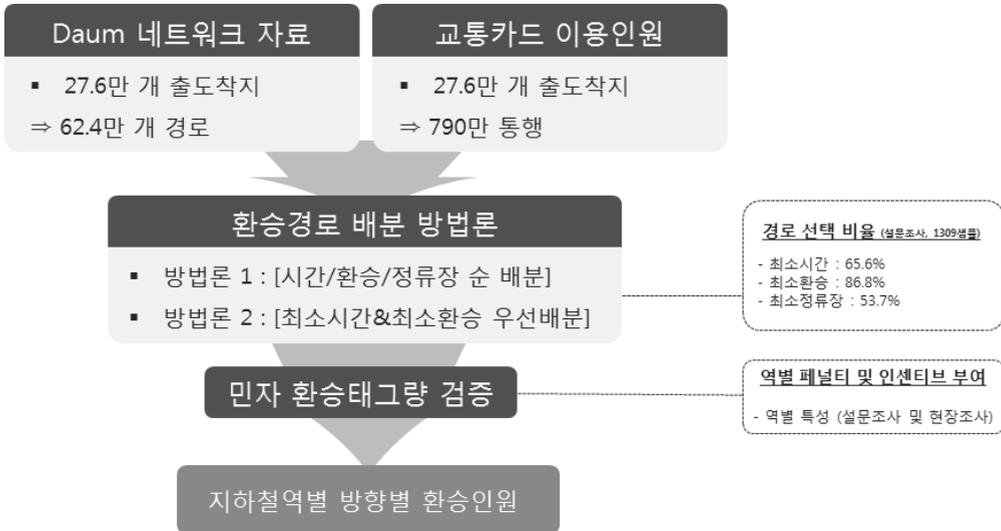
환승통행량 추정 및 검증

- 1_환승통행량 추정방법 정립
- 2_환승통행량 추정(일괄적용)
- 3_환승통행량 추정(특정역 보정계수 적용)
- 4_환승통행량 추정에 관한 소결

04 | 환승통행량 추정 및 검증

1_ 환승통행량 추정방법 정립

환승통행량 추정(환승경로 배분) 방법론은 다음과 같다. 가장 기본적으로 Daum 네트워크 자료와 교통카드 이용인원을 기초자료로 활용하고, 환승경로 배분을 위한 다양한 방법을 사전검토한 결과 2가지 방법론을 중점적으로 적용하였다. 이러한 환승경로 배분 결과를 민자노선 환승태그량과 검증하고 역별 페널티/인센티브 부여 과정을 거쳐서 최종적으로 지하철역별 · 방향별 환승인원을 추정한다.



[그림 4-1] 환승통행량 추정 흐름도

1) 환승경로 배분방법을 위한 대안 검토

환승경로 배분방법 정립을 위해 결과에 영향을 미치는 4가지 중요요소를 파악하였고, 요소별 배분결과의 시뮬레이션 검토를 통해 최종 대안을 선정하였다.



[그림 4-2] 환승경로 배분방법 대안

기본 경로정보(Daum)

Daum 지하철 경로정보는 실시간 운행정보를 반영하고 있기 때문에 배차간격이 시간에 따라 다르게 적용된다. 본 연구에 활용된 Daum 지하철 정보는 첨두(AM08) 및 비첨두(PM02) 정보로서 첨두와 비첨두 정보를 조합하여 사용하였다. 즉, 교통카드 전체 OD 중 오전/오후 첨두시간 통행량¹⁴은 첨두(Daum 기준 AM08) 네트워크에 배분하고, 비첨두시간 통행량¹⁵은 비첨두(Daum 기준 PM02) 네트워크에 배분하여 두 결과를 합산하였다.

14 하차시간이 08~10시인 통행량과 승차시간이 18~20시인 통행량

15 오전/오후 첨두시간 이외의 통행량

경로선택 요인

앞선 설문조사 결과와 같이 환승선택 요인은 환승횟수, 경유정류장 수, 통행거리, 통행시간, 혼잡구간 통과 여부, 환승역 편의시설, 환승거리 등을 들 수 있다.

설문조사에서 이용자들이 실제 이용한 경로와 환승선택 요인을 비교한 결과 환승횟수, 경유정류장 수, 통행시간은 다소 적정한 지표이나 통행요금은 샘플 수가 적어서 비교가 불가능하였고, 혼잡구간 통과 여부와 환승역 편의시설, 환승거리는 유의하지 않는 것으로 분석되었다.

최종적으로 본 연구에서는 통행시간, 환승횟수, 경유정류장 수를 경로선택 요소로 활용하였다.

[표 4-1] 경로선택 요인

구분	내용	활용 유무	비고
환승횟수	최소환승 유무	○	-
경유정류장 수	최소경유정류장 유무	○	유사한 특성
통행거리	최소통행거리 유무		
통행시간	최소통행시간 유무		
통행요금	최소통행요금 유무 (신분당선을 이용하였는가?)	×	샘플 적음
혼잡구간	혼잡구간 통과 여부 (첨두시 150% 이상 혼잡도를 통과하는가?)	×	유의하지 않음
환승역 편의시설	환승역 편의시설 없는 역 통과 여부 (환승역 편의시설이 전혀 없는 역을 통과하는가?)	×	
환승거리	환승거리와의 연관성	×	

경로선택 비율

경로선택 비율이라는 것은 실제 지하철 이용자가 선택한 경로가 최소시간경로인지 아닌지? 최소환승횟수경로인지 아닌지? 최소정류장 수의 경로를 이용했는지에 관한 선택비율

을 의미한다.

경로선택 비율은 설문조사자료를 활용하여 산출할 수 있다. 설문조사 결과인 1,309개의 실제 이용경로를 토대로 분석한 결과 경로선택 요소별 실제이용비율은 다음과 같다.

[표 4-2] 경로선택 비율

구분	최소환승	최소경유정류장	최소시간	최소거리
선택비율	86.8%	53.7%	65.6%	52.3%

환승태그자료에서도 간접적으로 경로선택비율을 추출할 수 있으나, 일부 정보가 불완전하여 활용하지 않았다.

경로선택 비율 적용법

경로선택 비율 적용은 크게 두 가지 대표적인 방법이 있다. 첫 번째 방법은 비율을 순서에 관계없이 비율을 곱하는 방법으로 본 연구에서는 ‘동시배분’이라고 명하였다. 두 번째 방법은 비율을 순서에 따라 반영하는 방법으로 본 연구에서는 ‘순차적배분’이라고 명하였다.

최소시간(65.6%), 최소환승(86.8%), 최소경유정류장(53.7%)의 경로선택 비율을 적용하여 동시배분과 순차적배분에 대한 모의사례를 보면 [표 4-3], [표 4-4]와 같다.

[표 4-3] 동시배분 사례

구분	경로 번호	최소 시간	최소 환승	최소 경유 정류장	배분과정	최종 배분 결과
'가'역 → '나'역	A경로	○	○	○	$65.6\% \times 86.8\% \times 53.7\% = 30.6\%$	44.3%
	B경로	○	-	-	$65.6\% \times 13.2\% \times 46.3\% = 4.0\%$	5.8%
	C경로	-	○	-	$34.4\% \times 86.8\% \times 46.3\% = 13.8\%$	20.0%
	D경로	○	-	○	$65.6\% \times 13.2\% \times 53.7\% = 4.6\%$	6.7%
	E경로	-	○	○	$34.4\% \times 86.8\% \times 53.7\% = 16.0\%$	23.2%

주 : '○' 분류된 카테고리에 해당되는 경우, '-' 분류된 카테고리에 해당되지 않는 경우
 배분과정'의 임시결과를 바탕으로 최종배분 단계에서 합계가 100%가 되도록 조정하는 단계를 거침

[표 4-4] 순차적배분 사례

구분	경로 번호	최소 시간	최소 환승	최소 경유 정류장	배분과정	최종 배분 결과
'가'역 →	A경로	○	○	○	$65.6\% \times 86.8\% \times (100\%) = 56.9\%$	56.9%
	B경로	○	-	-	$65.6\% \times 13.2\% \times 46.3\% = 4.0\%$	4.0%
	C경로	-	○	-	$34.4\% \times (100\%) \times 46.3\% = 15.9\%$	15.9%
'나'역	D경로	○	-	○	$65.6\% \times 13.2\% \times 53.7\% = 4.6\%$	4.6%
	E경로	-	○	○	$34.4\% \times (100\%) \times 53.7\% = 18.5\%$	18.5%

주 : '○' 분류된 카테고리에 해당되는 경우, '-' 분류된 카테고리에 해당되지 않는 경우 '배분과정'의 임시 결과의 합계는 일반적으로 100%이므로 최종배분의 결과와 같다. 단, 최소시간-최소환승-최소경유정류장이 동일한 경로가 존재한다면 추가적으로 1/n하는 단계를 거쳐야 한다.

앞 조건이 동일한 경로가 2개 이상일 경우에 다음 조건을 반영한다. 예를 들어 최소시간이 '○'인 경로가 전체 3개 경로 중 1개 경로라면 뒤에 이어지는 최소환승, 최소경유정류장 조건은 반영하지 않는다. 또한 앞 조건이 동일한 경로가 2개 이상이라도 뒤 조건이 동일하다면 해당조건은 반영하지 않고 다음 조건으로 넘어간다. 예를 들어 최소시간이 '○'인 경로가 전체 3개 경로 중 2개 경로이고, 그 2개의 경로 모두 최소환승이 '○'라면 최소환승 조건은 반영하지 않고, 다음 조건인 최소경유정류장 조건만을 반영한다.

적용 과정 중 '동시배분'은 경로선택요소(최소시간, 최소환승, 최소경유정류장 수)별 중요도가 고려되지 않는 문제점이 크기 때문에 '순차적배분' 방법을 1차적으로 채택하였다. 그러나 '순차적배분' 방법론 역시 첫 번째 배분이 완료되면 두 번째 배분이 시행되지 않기 때문에 우선순위가 높은 최소시간 유무의 경로선택비율은 일치하지만 최소환승, 최소정류장 비율이 맞지 않을 문제점이 있다.

2) 적용 방법론

최종적으로 적용한 환승경로 배분 방법론은 앞서 검토한 '순차적배분'을 기본으로 하되 [최소시간 및 최소환승] 우선배분 여부를 고려하여 다시 2가지 방법론으로 세분화하였다. 다양한 변형 방법을 검토한 결과 이용자들은 대안경로가 여러 개 있을 때 그 경로가 최소시간 및 최소환승이라면 거의 대부분 해당 경로를 이용하고, 최소시간 또는 최소환승에 전혀 해당이 안 된다면 거의 대부분 해당 경로를 이용하지 않는 특성이 발견되어 이를 추가적으로 고려하였다.¹⁶

¹⁶ 즉, 경로가 '최소시간이며 최소환승'이라면 해당경로에 100%를 배분하고, '최소시간도 아니고 최소환승도 아님'이라면 해당경

최종적으로 적용한 방법론 2가지는 다음과 같다.

- 순차적배분(우선배분 미적용) : [시간/환승/정류장 순 배분]
- 순차적배분(우선배분 적용) : [최소시간이며 최소환승인 경우 우선배분] 후 [시간/환승 순 우선배분]

방법론별 통행배분 예시는 [그림 4-3]과 같다.

순차적 배분 (우선배분 미적용)	구분	최소 시간	최소 환승	최소 정류장	1자배분 최소시간	2자배분 +최소환승	3자배분 +최소정류장	최종결과
	A경로	○	○	○		65.6%	65.6% x 86.8%	
B경로	○	○	-		65.6% x 86.8%		65.6% x 86.8% x 46.3%	26%
C경로	○	-	○		65.6% x 13.2%		-	9%
D경로	-	○	-		34.4%	34.4% x 86.8%	-	30%
E경로	-	-	-			34.4% x 13.2%	-	5%

순차적 배분 (우선배분 적용)	구분	최소 시간	최소 환승	최소 정류장	우선배분 최소시간 및 최소환승 유무		최종결과
	A경로	○	○	○	100%		
B경로	○	○	-			50%	
C경로	○	-	○			0%	
D경로	-	○	-	0%		0%	
E경로	-	-	-			0%	

우선배분 후
순차적배분 적용

단, 정류장은 적용하지 않고,
동행할 경우에는 1/n로 배분

[그림 4-3] 적용 방법론 예시

2_ 환승통행량 추정(일괄적용)

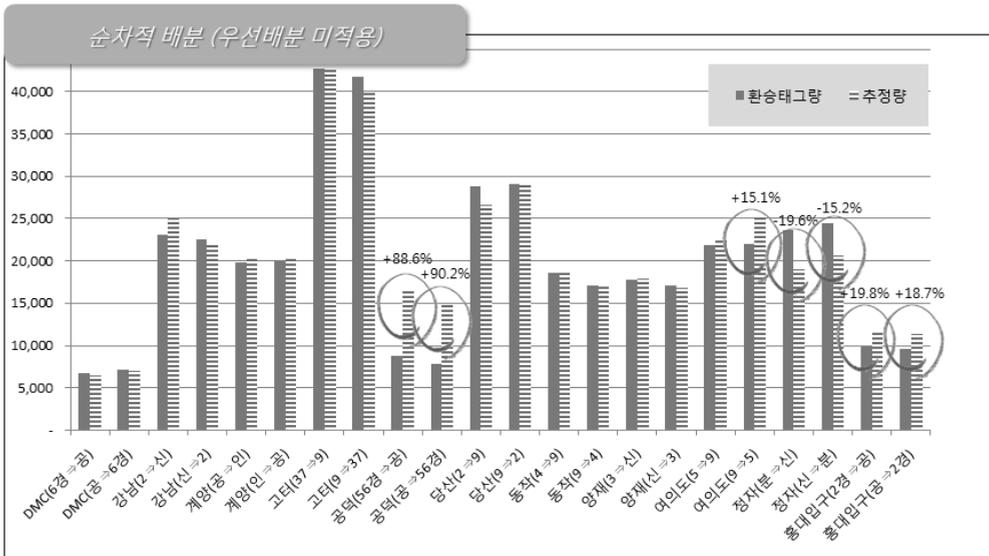
‘순차적배분(우선배분 미적용)’과 ‘순차적배분(우선배분 적용)’을 바탕으로 환승통행량 추정결과는 [표 4-5]와 같다.

대체적으로 오차범위(±10%) 내에 들어오지만 일부 특정노선역 그룹에서 오차범위를 벗어난 결과를 보이고 있다. 또한 벗어나는 정도는 적용된 방법론에 따라 약간 차이가 있다.

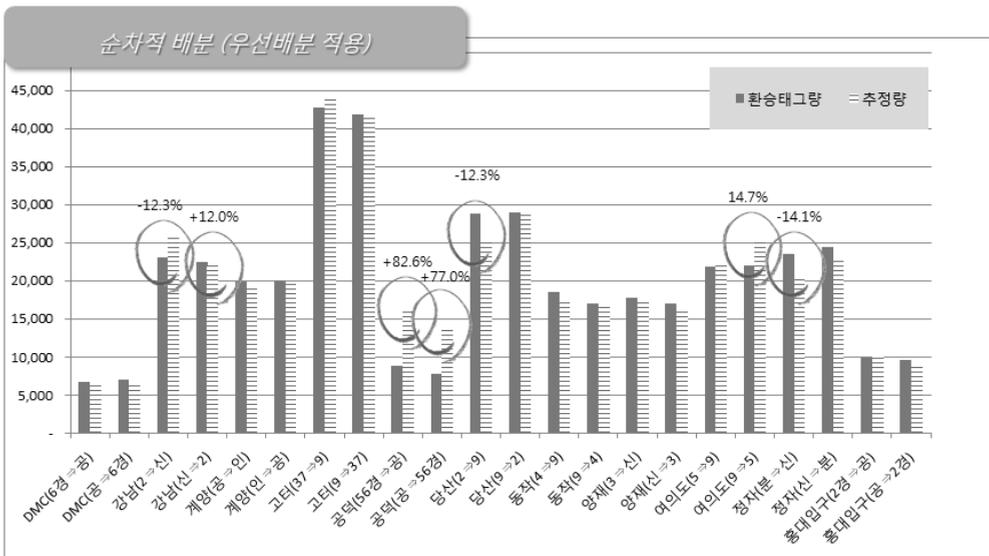
로에 0%를 배분한다. 다만 여러 경로가 있거나, ‘최소시간은 아니고 최소환승’ 또는 ‘최소시간은 맞지만 최소환승이 아님’이라면 추가적인 배분 방법론 적용이 필요하다.

[표 4-5] 환승통행량 추정(일괄적용) 결과

구분	검증량 (환승태그량)	순차적배분 (우선배분 미적용)		순차적배분 (우선배분 적용)	
		추정량	오차율	추정량	오차율
	[A]	[B]	$[A/B-1] \times 100$	[C]	$[A/C-1] \times 100$
DMC(6경⇒공)	6,764	6,513	-3.7%	6,275	-7.2%
DMC(공⇒6경)	7,085	6,942	-2.0%	6,215	-12.3%
강남(2⇒신)	23,061	24,982	8.3%	25,829	12.0%
강남(신⇒2)	22,496	21,897	-2.7%	22,064	-1.9%
계양(공⇒인)	19,867	20,225	1.8%	19,393	-2.4%
계양(인⇒공)	19,985	20,301	1.6%	19,846	-0.7%
고터(37⇒9)	42,749	42,795	0.1%	44,130	3.2%
고터(9⇒37)	41,787	39,832	-4.7%	41,659	-0.3%
공덕(56경⇒공)	8,782	16,564	88.6%	16,033	82.6%
공덕(공⇒56경)	7,800	14,837	90.2%	13,805	77.0%
당산(2⇒9)	28,852	26,634	-7.7%	25,304	-12.3%
당산(9⇒2)	29,031	29,204	0.6%	29,135	0.4%
동작(4⇒9)	18,520	18,780	1.4%	17,356	-6.3%
동작(9⇒4)	17,030	17,019	-0.1%	16,908	-0.7%
양재(3⇒신)	17,799	17,867	0.4%	17,106	-3.9%
양재(신⇒3)	17,034	16,851	-1.1%	15,897	-6.7%
여의도(5⇒9)	21,857	22,478	2.8%	22,037	0.8%
여의도(9⇒5)	22,023	25,359	15.1%	25,252	14.7%
정자(분⇒신)	23,565	18,954	-19.6%	20,247	-14.1%
정자(신⇒분)	24,375	20,658	-15.2%	22,601	-7.3%
홍대입구(2경⇒공)	9,864	11,821	19.8%	10,182	3.2%
홍대입구(공⇒2경)	9,625	11,424	18.7%	8,958	-6.9%



[그림 4-4] 순차적배분 환승통행량 추정 결과 : 우선배분 미적용



[그림 4-5] 순차적배분 환승통행량 추정 결과 : 우선배분 적용

3_환승통행량 추정(특정역 보정계수 적용)

1) 보정과정의 필요성

기본적으로 모든 역에 동일한 방법론 및 동일한 경로선택요인(통행시간, 환승횟수, 경유정류장 수 등)을 일괄적으로 적용하여 분석이 이루어졌다. 하지만 지하철 이용자가 통행경로를 선택할 때 이용상황에 따라 통행시간, 환승횟수, 경유정류장 수 외에 무엇인가 다른 요소들을 더 중요하게 고려할 수 있다.

이러한 부가적인 고려요소의 대표적인 것이 신분당선의 좌석효과, 급행기능(시간단축 효과) 등을 들 수 있다. 따라서 본 연구에서는 일괄적용 결과 오차가 큰 환승역을 중심으로 어떤 보정과정을 거쳐야 추정한 환승통행량이 환승태그량과 가까워지는지를 알아보았다. 즉, 특정역을 환승경로로 이용할 때 계량화하기 어려운 인센티브값 또는 페널티값이 존재하는지 계량화를 시도해 보았다.

2) 보정방법 및 보정계수

보정은 환승통행량 추정결과의 오차범위가 $\pm 10\%$ 를 넘어가는 역을 중심으로 수행하였다. 보정계수는 개별 환승역을 통과하는 모든 경로에 대해서 페널티 또는 인센티브를 부과하였으며, 이는 기존의 통행시간 기준으로 시간추가 또는 시간축소 방법으로 적용하였다. 예를 들어 민자노선 환승태그량과 비교 결과 과대 추정된 환승역에는 그 환승역이 통과하는 모든 경로에 대해서 일정량의 통행시간을 추가하였다. 방향별 · 역별로 부과한 페널티/인센티브 유형 및 그 보정계수는 [그림 4-6]과 같다.

5호선/6호선/경의선에서 공항철도로 환승하는 공덕역의 통행경로에는 일괄적으로 3분이라는 페널티를 부과하였다. 이 페널티는 공항철도는 일반철도와 이용특성이 다르고, 인지도가 낮으며, 경의선의 배차간격이 상대적으로 길어 이용회피도가 높은 점 등이 반영된 것이다.

정자역에서 분당선에서 신분당선으로 환승하는 통행경로에는 일괄적으로 10분이라는 인센티브를 부과하였다. 이 인센티브는 신분당선이 급행개념의 철도로 다른 대안경로에 비

해 빠른 특성, 정자역은 열차의 출발역으로 앉아갈 수 있는 장점 등이 반영된 것이다.

구분	유형	보정값
56경⇒공⇒공덕	페널티	3분
공56⇒경 공덕	페널티	3분
2경⇒공 홀대입구	페널티	0.5분
공6⇒경 DMC	인센티브	-0.5분
2⇒9 당산	인센티브	-1분
9⇒5 여의도	페널티	+1분
분⇒신 정자	인센티브	-10분
신⇒분 정자	인센티브	-1분
2⇒신 강남	페널티	+1분
3⇒신 양재	페널티	+1분
4⇒9 동작	인센티브	-0.5분

공환철도는 일반철도와 다른 낮은 인지도
경의선은 배차간격이 길어 이용회피도 높음
=> 페널티

신분당선은 급행개념의 철도로 빠른 특성
정자역은 열차의 출발역으로 앉아갈 수 있는 장점이 있음
=> 인센티브

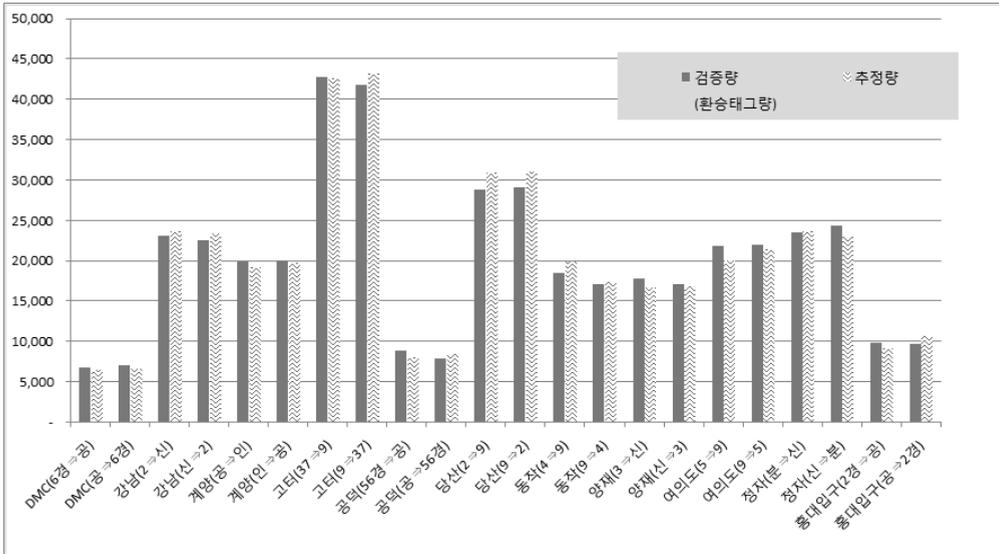
[그림 4-6] 방향별·역별로 부과한 페널티/인센티브 유형 및 보정계수

4) 특정역 보정계수 적용 결과

보정계수 적용 후 민자노선 환승태그량과 비교한 결과 전체 역에서 $\pm 10\%$ 이내의 수준에서 환승통행량 추정이 가능하였다.

[표 4-6] 환승통행량 추정(특정역 보정계수 적용) 결과

구분	검증량 (환승태그량)	추정량	오차율
	[A]	[B]	$[A/B-1] \times 100$
DMC(6경⇒공)	6,764	6,518	-3.60%
DMC(공⇒6경)	7,085	6,603	-6.80%
강남(2⇒신)	23,061	23,647	2.50%
강남(신⇒2)	22,496	23,296	3.60%
계양(공⇒인)	19,867	19,090	-3.90%
계양(인⇒공)	19,985	19,729	-1.30%
고터(37⇒9)	42,749	42,574	-0.40%
고터(9⇒37)	41,787	43,204	3.40%
공덕(56경⇒공)	8,782	8,030	-8.60%
공덕(공⇒56경)	7,800	8,350	7.10%
당산(2⇒9)	28,852	30,815	6.80%
당산(9⇒2)	29,031	30,956	6.60%
동작(4⇒9)	18,520	19,804	6.90%
동작(9⇒4)	17,030	17,398	2.20%
양재(3⇒신)	17,799	16,650	-6.50%
양재(신⇒3)	17,034	16,768	-1.60%
여의도(5⇒9)	21,857	19,940	-8.80%
여의도(9⇒5)	22,023	21,435	-2.70%
정자(분⇒신)	23,565	23,571	0.00%
정자(신⇒분)	24,375	22,956	-5.80%
홍대입구(2경⇒공)	9,864	9,139	-7.40%
홍대입구(공⇒2경)	9,625	10,573	9.80%



[그림 4-7] 환승통행량 추정(특정역 보정계수 적용) 결과

4_환승통행량 추정에 관한 소결

모든 역에 동일한 방법과 동일한 경로선택요소(통행시간, 환승횟수, 경유정류장 수)를 일괄적으로 적용하여 분석한 결과, 일부 역에서 오차율이 높은 문제점을 해결할 수 없었다. 추가적으로 특정역을 기준으로 보정계수를 적용하면 대부분의 환승통행량을 오차범위 내에서 추정이 가능하다. 이에 이 연구에서는 모형에서 설명할 수 없는 다른 요소들을 고려할 필요가 있다는 판단 아래 역별로 보정계수(페널티/인센티브)를 추가 적용하여 환승통행량을 추정하였다.

하지만 이러한 보정계수는 방향성만을 설명할 수 있을 뿐, 보정계수의 절대값이 정확하다고 판단하기 어려운 실정이다. 또한 수도권 82개 환승역 중 환승통행량 검증이 가능한 역은 11개 역뿐으로, 11개 역 이외에는 어떤 특성의 보정계수가 적용되어야 하는지도 알 수가 없는 실정이다.

즉, 환승통행량 추정은 일괄적인 모형값만으로는 추정하기 어려우며, 개별 역/호선별로 다른 특성을 적용해야 제대로 된 추정이 가능할 것이다.

05

결론 및 정책제언

1_결론

2_정책제언

05 결론 및 정책제언

1 결론

1) 결론

교통카드 시스템 도입으로 교통행태에 대한 파악이 용이해졌지만, 여전히 지하철 내부에서의 이동경로에 대해서는 파악하기 어려운 실정이다. 지하철 노선 간 환승에 관한 정보는 수도권 통행실태를 파악하는 데 중요한 정보이며, 서울시 교통수단분담률과 대중교통 운영기관 간 요금정산의 기초가 되는 정보이다. 현재 환승에 관한 정보는 서울의 지하철 운영기관인 서울메트로 및 서울도시철도공사에서 해당 관할역에 대한 환승통행량만을 개별적으로 추정·제시하고 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 어떤 요소를 기준으로 지하철 경로를 선택하는지 파악하여, 지하철 환승통행량 추정방법을 개선하는 것을 목적으로 하고 있다.

환승통행량 추정을 위하여 기본 경로정보, 경로선택 요소, 경로선택 비율을 파악하고 동시배분 및 순차적배분의 경로선택 비율 적용법을 검토한 결과, 동시배분보다는 민자노선 환승태그랑과 오차율이 적은 순차적배분 방법이 적절한 것으로 분석되었다.

모든 역에 동일한 방법과 동일한 경로선택요소(통행시간, 환승횟수, 경유정류장 수)를 일괄적으로 적용하여 분석한 결과, 일부 역에서 오차율이 높은 문제점을 해결할 수 없었다.

따라서 지하철 이용자가 통행경로를 선택할 때 이용상황에 따라 통행시간, 환승횟수, 경유정류장 수 외에 모형에서 설명할 수 없는 다른 요소들을 고려할 필요가 있다는 판단 아래 역별로 보정계수(페널티/인센티브)를 추가 적용하여 환승통행량을 추정하였다. 본 연구에서는 신분당선의 경우 좌석확보 효과 및 급행기능으로 인한 시간단축효과를, 공항철도와 경의선의 경우 낮은 인지도와 상대적으로 긴 배차간격 효과를 반영하였다. 특정역을 기준으로 보정계수를 적용한 결과 대부분의 환승통행량이 오차범위 내에서 추정되었다.

환승통행량을 오차범위 내에서 추정하기 위해서는 일괄적인 모형적용보다는 특정역 보정

계수 적용이 필요한 것으로 분석되었다. 하지만 수도권 82개 환승역 중 환승통행량 검증이 가능한 역은 11개 역뿐으로, 11개 역 이외에는 어떤 특성의 보정계수가 적용되어야 하는지도 알 수가 없는 실정이다.

2) 본 연구의 기여도

실제통행의 다양성(불규칙성) 극복

실제 지하철 통행자료는 이용자의 행태에 따라 최소 통행시간의 2배 이내의 소요시간 분포를 보이는 다양성 및 불규칙성이 존재한다. 그러나 기존 방법론의 대부분은 이렇게 다양하고 불규칙한 실제 통행자의 통행시간 자료¹⁷를 바탕으로 방법론을 구축한 뒤 네트워크의 가상통행에 적용하다 보니 오차가 많이 발생한다. 본 연구에서는 방법론 구축단계에서 실제통행시간 대신 ‘경로선택을 위해 통행시간을 고려하는 비율’을 적용함으로써 방법론 구축과 방법론 적용에 동일한 자료(네트워크 경로특성)를 활용하는 통일성을 확보하였다.



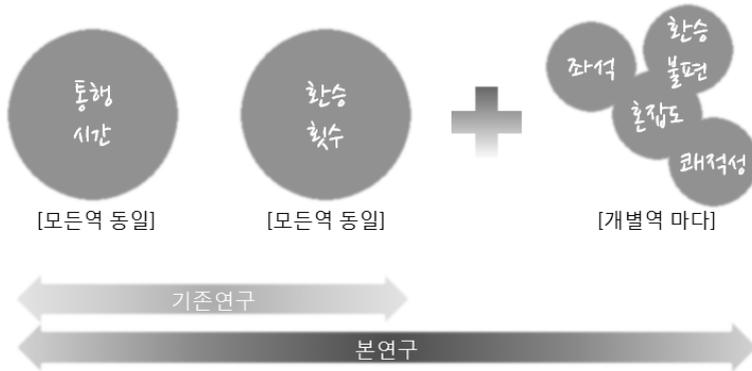
[그림 5-1] 실제통행의 다양성(불규칙성) 극복

다양한 이용특성의 반영 노력

이용자들은 지하철 경로를 선택할 때 통행시간, 환승횟수, 경유정류장 수 외 환승역 특성

¹⁷ 실제통행시간의 분포가 넓기 때문에 동일한 출도착역에 대한 응답결과 역시 최소값, 중간값, 최대값 등 다양하게 분포하여 불규칙성이 존재한다.

등 다양한 요소들을 고려할 것이다. 이러한 다양한 요소에는 좌석(앉아갈 수 있는가), 환승불편, 혼잡도, 쾌적성 등이 있는데, 본 연구에서는 계량화할 수 없는 역의 고유특성을 일부 반영하였다.



[그림 5-2] 다양한 이용특성의 반영 노력

2_정책제언

전술한 바와 같이 모형을 통하여 환승통행량을 추정하는 것은 한계가 있다. 모형 추정은 단지 정확도가 다소 차이가 날 뿐 어느 모형이 맞다고 할 수는 없을 것이다.

이러한 환승통행량은 수입금 정산의 기본이 되는 중요한 값인 만큼 추정 이외에 모집단을 확보할 수 있는 방법에 대한 검토가 필요하다. 모집단을 확보할 수 있는 방법은 현장에서 환승통행량 조사를 하는 방법과 환승게이트를 설치하는 방법이 있다.

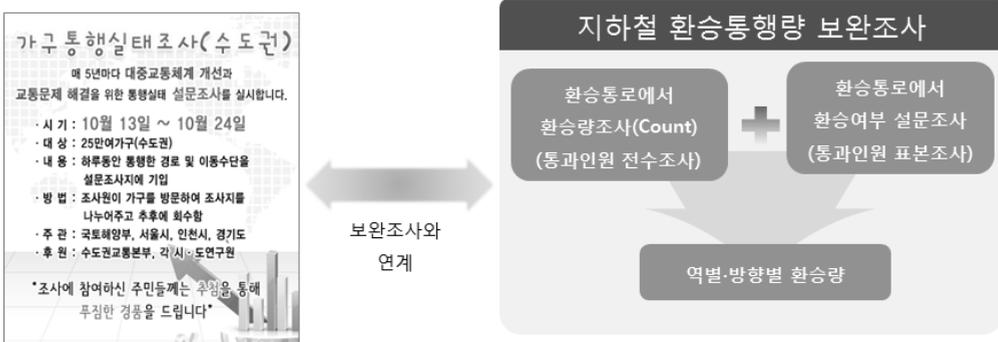
가장 정확한 환승통행량 모집단을 확보하기 위해서는 모든 환승역 및 통로에 환승게이트를 설치하는 것이 바람직하다. 하지만 환승게이트 설치의 운영의 효율성을 확보하기 위하여 이용자의 불편을 초래하는 방법으로서 현실적으로 쉽지 않고, 장기적 관점에서의 접근이 필요하다.

그러므로 환승통행량 모집단을 확보하기 위하여 단기적 방안으로 현장에서 환승통행량 조사를 수행하는 것이 필요하다. 이러한 조사는 현재 5년마다 수행되고 있는 [가구통행실태조사]와 연계할 수 있을 것이다.

수도권 82개 환승역 중 현장조사가 필요한 역은 68개 역¹⁸이며, 이 중 60개 역(97개 지점)에 대해서는 환승통로에 조사원을 투입하면 충분히 환승통행량을 계측할 수 있을 것으로 판단된다. 단, 환승통로 환승통행량 조사 시 환승인원과 출도착인원 구분이 필요하므로 설문조사 병행이 필요할 것이다.

[표 5-1] 현장조사가 필요한 역

구분		역 수	지점 수	비고
환승통행량 계측 필요	가능 (○)	60개 역	97개 지점	가락사장, 가산디지털단지, 가좌 등
	불가능 (x)	8개 역	-	금정, 까치산, 김포공항, 복정, 성수, 신도림, 오이도, 회기
환승통행량 계측 불필요		14개 역	-	[단일경로역], [호선 간 환승이 아닌 역], [이미 민자노선 환승태그가 있는 역]
계		82개 역	-	-



[그림 5-3] 가구통행실태조사와 연계한 환승통행량 조사 방안

장기적으로 IT와 사물인터넷 기술의 발전과 접목하여 환승게이트 없이 손쉽게 환승태그량을 파악할 수 있는 기술개발도 필요하다.

¹⁸ 나머지 14개 역은 단일경로역, 호선 간 환승이 아닌 역, 이미 민자노선 환승태그가 있는 역으로서 별도의 조사가 필요없다.

참고문헌

서울도시철도공사, 2014, 서울도시철도 수송계획.

서울메트로, 2014, 2014년도 서울메트로 수송계획.

서울연구원, 2012, 수도권 광역/도시철도 연락운임정산 및 일일정산방안 연구.

수도권교통본부, 2015, 2014년도 수도권여객기·종점통행량(O/D) 현행화 공동사업.

한국철도기술연구원, 2003, 교통카드 이용정보 기반 경로선택행태와 교통존기반 대중교통 노선배정모형의 융합 기법과 사례연구.

MTA New York City Transit, 2004, Second Avenue Subway FEIS(Final Environmental Impact Statemen).

map.daum.net

■ 다음은 지하철 이용 목적 및 상황 관련 질문입니다.

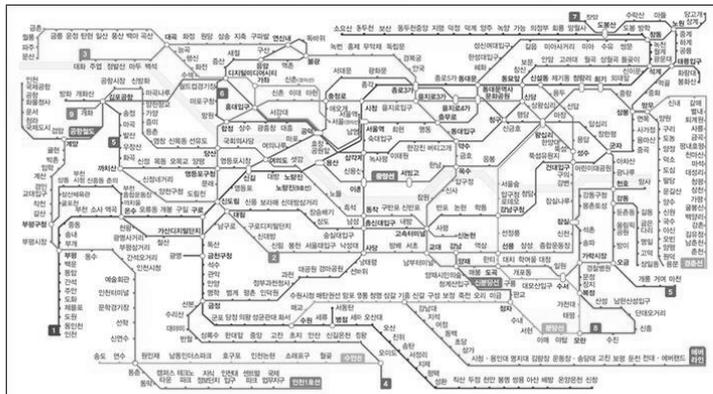
SQ6. 최근 1주일 동안 귀하께서 지하철을 이용하신 목적(상황)은 무엇입니까?

SQ7. 최근 1주일 동안 지하철 이용 목적(상황)별로 출발역~도착역 중간에 다른 호선으로 환승을 하셨습니다가?

지하철 이용목적 (상황)	SQ6. 지하철 이용 여부	SQ7. 지하철 호선 간 환승 여부
1) 출근 (직장인)	① 이용 ② 이용 안함 ③ 해당 없음	① 환승 ② 환승 안함
2) 퇴근 (직장인)	① 이용 ② 이용 안함 ③ 해당 없음	① 환승 ② 환승 안함
3) 등교 (학생)	① 이용 ② 이용 안함 ③ 해당 없음	① 환승 ② 환승 안함
4) 학교 (학생)	① 이용 ② 이용 안함 ③ 해당 없음	① 환승 ② 환승 안함
5) 회사 업무 (직장인) (거래처 방문, 영업 등)	① 이용 ② 이용 안함 ③ 해당 없음	① 환승 ② 환승 안함
6) 개인 용무 (병원 은행 쇼핑 등)	① 이용 ② 이용 안함 ③ 해당 없음	① 환승 ② 환승 안함
7) 여가/오락/친교 등	① 이용 ② 이용 안함 ③ 해당 없음	① 환승 ② 환승 안함
8) 기타 ()	① 이용 ② 이용 안함 ③ 해당 없음	① 환승 ② 환승 안함

(☞ SQ6에서 지하철 이용경험이 있고, SQ7에서 지하철 환승경험이 있는 이용목적(상황)만 제시되도록 함)

SQ8. 다음의 지하철 이용목적(상황)에 대해 가장 최근에 이용하신 경험을 기준으로 **출발역과 환승역 그리고 도착역**을 체크해 주시기 바랍니다. (지하철 노선도를 보시고 해당 역을 클릭해 주시기 바랍니다.)



지하철 이용목적 (상황)	출발역	첫번째 환승역	두번째 환승역	세번째 환승역	도착역
1) 출근	()	()	()	()	()
2) 퇴근	()	()	()	()	()
3) 등교	()	()	()	()	()
4) 학교	()	()	()	()	()
5) 회사 업무	()	()	()	()	()
6) 개인 용무	()	()	()	()	()
7) 여가/오락/친교 등	()	()	()	()	()
8) 기타 ()	()	()	()	()	()

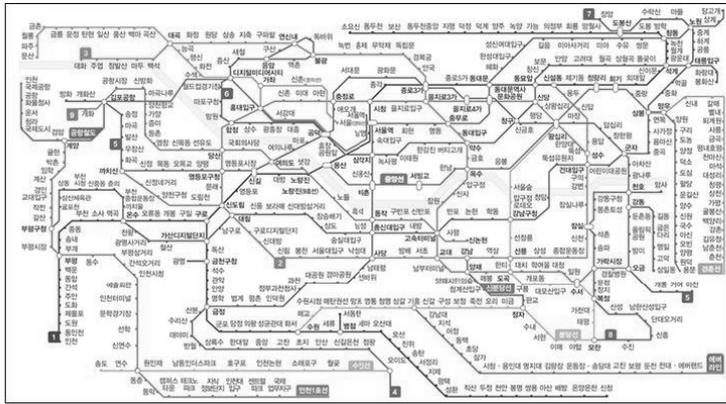
(☞ SQ6에서 지하철 이용경험이 있고, SQ7에서 지하철 환승경험이 있는 이용목적(상황)만 제시되도록 함)

SQ9-1. 다음의 지하철 이용목적(상황) 별로 출발역에서 도착역까지 가시는 기준으로 주로 이용하시는 경로(SQ8에서 응답하신 경로) 이외에 다른 환승경로(환승역)를 이용하신 경험이 있습니까? 최근 기준이 아닌 과거부터 지금까지의 이용경험을 토대로 다른 환승 경로 이용경험을 달씀해 주시기 바랍니다.

(☞ SQ9-1에서 다른 환승경로가 있다고 응답한 이용목적(상황)만 제시되도록 함)

SQ9-2. 다른 경로를 이용해 보신 경험이 있다면 구체적으로 어떤 다른 경로를 이용하셨는지요?

(지하철 노선도를 보시고 해당 역을 클릭해 주시기 바랍니다)



지하철 이용목적 (상황)	SQ9-1 다른 환승경로 이용 경험	SQ9-2 다른 환승경로(역)				도착역
		출발역	첫 번째 환승역	두 번째 환승역	세 번째 환승역	
1) 출근 (직장인)	① 있다 ② 없다	SQ8 출발역 제시	()	()	()	SQ8 출발역 제시
2) 퇴근 (직장인)	① 있다 ② 없다	SQ8 출발역 제시	()	()	()	SQ8 출발역 제시
3) 등교 (학생)	① 있다 ② 없다	SQ8 출발역 제시	()	()	()	SQ8 출발역 제시
4) 하교 (학생)	① 있다 ② 없다	SQ8 출발역 제시	()	()	()	SQ8 출발역 제시
5) 회사 업무 (직장인 (거래처 방문, 영업 등))	① 있다 ② 없다	SQ8 출발역 제시	()	()	()	SQ8 출발역 제시
6) 개인 용무 (병원, 은행, 쇼핑 등)	① 있다 ② 없다	SQ8 출발역 제시	()	()	()	SQ8 출발역 제시
7) 여가/오락/친교 등	① 있다 ② 없다	SQ8 출발역 제시	()	()	()	SQ8 출발역 제시
8) 기타 ()	① 있다 ② 없다	SQ8 출발역 제시	()	()	()	SQ8 출발역 제시

(☞ SQ9-1의 1)~8)에서 있는 다른 환승경로 이용경험이 하나도 없는 경우는 조사 중단)

■ 다음은 지하철 이용 실제 관련 질문입니다.

(☞ SQ6에서 지하철 이용경험이 있고, SQ7에서 지하철 환승경험이 있는 이용목적(상황)만 제시되도록 함)

A1. 귀하께서 지하철을 이용하신 목적(상황) 별로 승차 시간 및 하차 시간, 환승 시 소요시간 어떻게 됩니까?

지하철 이용 목적(상황)별로 주요 경로를 기준으로 응답해 주시기 바랍니다.

환승 소요시간의 경우는 환승역간 승강장에서 승강장까지의 소요시간을 의미합니다.

지하철 이용 목적 (상황)	출발지에서 지하철 출발역까지 접근 수단 및 소요시간		지하철 이용 시 승차 및 환승 도착시간 (☞ 환승경험이 있는 역만 제시)					지하철 도착역에서 목적지까지 접근수단 및 소요시간	
	출발지에서 지하철 출발역까지 이용하는데 이용한 접근수단	지하철 출발역까지 소요시간	출발역 승차 시각	환승역(1) 환승 소요 시간	환승역(2) 환승 소요 시간	환승역(3) 환승 소요 시간	도착역 하차 시각	지하철 도착역에서 목적지까지 가는데 이용한 접근수단	목적지까지 소요시간
1) 출근	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분	{ }시 { }분	{ }분	{ }분	{ }분	{ }시 { }분	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분
2) 퇴근	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분	{ }시 { }분	{ }분	{ }분	{ }분	{ }시 { }분	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분
3) 등교	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분	{ }시 { }분	{ }분	{ }분	{ }분	{ }시 { }분	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분
4) 하교	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분	{ }시 { }분	{ }분	{ }분	{ }분	{ }시 { }분	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분
5) 회사 업무	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분	{ }시 { }분	{ }분	{ }분	{ }분	{ }시 { }분	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분
6) 개인 용무	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분	{ }시 { }분	{ }분	{ }분	{ }분	{ }시 { }분	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분
7) 여가/오락 /진교	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분	{ }시 { }분	{ }분	{ }분	{ }분	{ }시 { }분	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분
8) 기타 ()	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분	{ }시 { }분	{ }분	{ }분	{ }분	{ }시 { }분	① 도보만 이용 ② 도보+버스이용 ③ 승용차/택시 이용 ④ 자전거 이용	()분

(☞ SQ6에서 지하철 이용경험이 있고, SQ7에서 지하철 환승경험이 있는 이용목적(상황)만 제시되도록 함)

A2. 귀하께서 지하철을 이용하신 목적(상황) 별로 응답하신 경로를 주로 이용하신 이유는 무엇입니까?
지하철을 이용하신 목적(상황) 별로 주로 이용하시는 이유를 순서대로 2개까지 말씀해 주시기 바랍니다.

지하철 이용 목적 (상황)	출발역	환승역 (1)	환승역 (2)	환승역 (3)	도착역	해당 경로를 이용하신 이유	
						① 총 통행 시간이 짧다 ③ 환승역의 환승거리가 짧다 ⑤ 환승역의 편의시설(엘리베이터, 에스칼레이터 등)이 잘 되어 있다 ⑥ 다른 경로보다 요금이 상대적으로 저렴하다 ⑦ 기타 ()	② 다른 경로보다 환승 횟수가 적다 ④ 지하철 내부 또는 환승역이 혼잡하지 않다 ⑧ 환승역의 편의시설(엘리베이터, 에스칼레이터 등)이 잘 되어 있다
1) 출근	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)				
2) 퇴근	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)				
3) 등교	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)				
4) 하교	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)				
5) 회사 업무	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)				
6) 개인 용무	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)				
7) 여가/오락 /친교	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)				
8) 기타 ()	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)				

(☞ SQ9-1에서 출발역에서 도착역까지 가시는데 주로 이용하시는 경로 이외에 다른 환승경로 이용경험이 "있다"고 응답한 이용목적(상황)만 제시되도록 함)

A3. 귀하께서는 지하철 이용 목적 별로 대안 환승경로를 자주 이용하지 않는 이유는 무엇입니까?

지하철 이용 목적 (상황)	대안 환승경로					주이용 경로 이외에 대안 환승경로를 자주 이용하지 않는 이유	
	출발역	환승역 (1)	환승역 (2)	환승역 (3)	도착역	① 총 통행 시간이 길다 ③ 환승역의 환승거리가 길다 ⑤ 환승역의 편의시설(엘리베이터, 에스칼레이터 등)이 잘 되어 있지 않다 ⑥ 다른 경로보다 요금이 상대적으로 비싸다 ⑦ 기타 ()	② 다른 경로보다 환승 횟수가 많다 ④ 지하철 내부 또는 환승역이 혼잡하다 ⑧ 환승역의 편의시설(엘리베이터, 에스칼레이터 등)이 잘 되어 있지 않다
1) 출근	(508 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)
2) 퇴근	(508 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)
3) 등교	(508 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)
4) 하교	(508 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)
5) 회사 업무	(508 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)
6) 개인 용무	(508 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)
7) 여가/오락 /친교	(508 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)
8) 기타 ()	(508 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(509-2 응답역 제시)	(508 응답역 제시)	(1순위 :)	(2순위 :)

■ 다음은 지하철 환승 경로 선택 시 중요 고려요소와 관련된 질문입니다.

- B1. 귀하께서는 지하철 환승 경로를 선택하실 때 중요하게 고려하시는 요소를 100점 만점기준으로 응답하여 주시기 바랍니다. 가장 중요하게 고려하시면 100점을, 보통으로 중요하게 고려하시면 50점을, 전혀 중요하게 고려하지 않으면 0점을 주는 방식으로 중요점수를 주시면 됩니다.

세 부 항 목		중요 점수 (100점 기준)
시간 및 요금	중 통행 소요 시간	()점
	중 통행 요금 (※ 일부 민자 구간 요금차이가 존재함)	()점
환승역 특성	환승역에서의 환승 소요시간	()점
	환승역에서의 환승 거리	()점
	환승역에 편의시설(엘리베이터, 에스컬레이터, 무빙벨트 등) 설치 여부	()점
	환승역 환승통로의 혼잡 정도	()점
경로 특성	지하철 환승 횟수	()점
	지하철 차량 내부의 혼잡 정도	()점

■ 다음은 지하철 환승 시 시설물 이용과 관련된 질문입니다.

- B2. 귀하께서는 지하철 환승 시 시설물을 이용하시면서 얼마나 편리하게 이용하셨는지요? 환승역 시설물 중 평면(평평한 바닥)을 50점으로 볼 때 다음 시설물의 불편/편리 여부 및 그 정도를 기입하여 주십시오. 평면보다 편리할 경우는 51점 이상으로, 평면보다 불편할 경우는 49점 이하의 점수를 책정하는 방식으로 하시면 됩니다. 이용경험이 없는 시설물을 경우는 "없음"으로 기입해 주시기 바랍니다.

구분	B-21 편리/불편 여부	B-22 편리/불편정도 (100점 기준)
상향계단	① 평면보다 편리 ② 평면보다 불편 ③ 동일(차이 없음)	()점
하향계단	① 평면보다 편리 ② 평면보다 불편 ③ 동일(차이 없음)	()점
상향 에스컬레이터	① 평면보다 편리 ② 평면보다 불편 ③ 동일(차이 없음)	()점
하향 에스컬레이터	① 평면보다 편리 ② 평면보다 불편 ③ 동일(차이 없음)	()점
무빙벨트	① 평면보다 편리 ② 평면보다 불편 ③ 동일(차이 없음)	()점

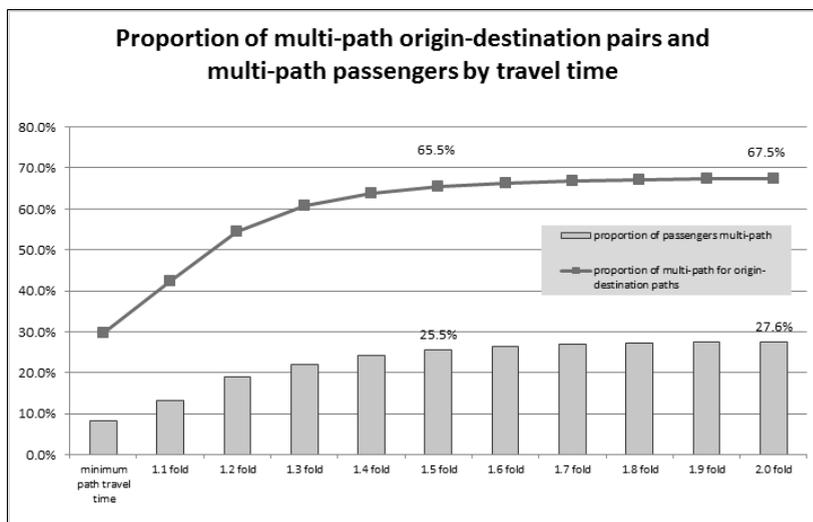
Abstract

Improvements in Methods of Transfer Passenger Flow Prediction between Subway Lines

Soon-Gwan Kim · Jihun Park

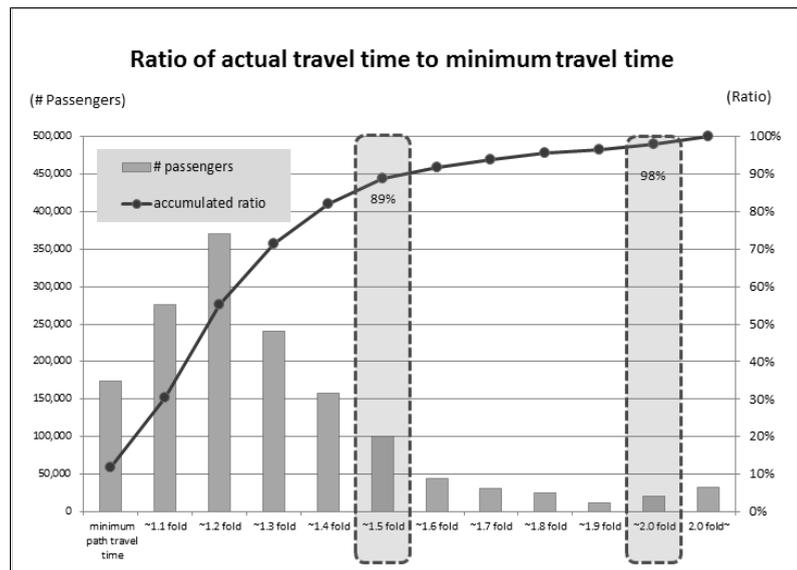
The objective of this study is to improve existing methods of transfer passenger flow prediction between subway lines.

The research was based on transit card data, Daum(portal site) network data, and survey results for transfer passengers. Significant analysis results were found by combining transit card data and Daum network data in the following. There are 527 subway stations in the Seoul metropolitan area. The total number of origin-destination pairs is 276,043 and there are 624,393 usable paths. Even though 67.5% of origin-destination pairs have multi-paths, only 27.6% of passengers choose to use multi-paths.



There are not many subway passengers during the minimum path travel time, but as time passes, the proportion of passengers increase, showing a right-hand tailed shape of the path travel time.

The actual travel time of 89% of subway passengers is less than 1.5 fold of the minimum path travel time (98% of subway passengers are lesser than 2.0 fold).



Two prediction methods for subway passenger flow are employed. The first method includes generic parameters, such as travel time, transfer frequency, and the number of stops, which showed more than 10% of errors at some stations.

The second method of employing station specific parameters, in addition to generic parameters, showed stable results with less than 10% of errors. These station specific parameters are incentives, and disincentives, reflecting extreme intervals, express lines, and guaranteed seats.

Contents

01 Introduction

- 1_Research Background and Purpose
- 2_Research Scope and Methods

02 Cases of Subway Transfer Passenger Flow Prediction

- 1_Daily Revenue Allocation of Connected Fare for Seoul Metropolitan Subway Operation Organizations
- 2_Transfer passenger Flow Prediction of Subway Operation Organizations in Seoul
- 3_Convergence of TAZ Based Transit Assignment and Route Choice Behavior Based on Transit Card Information
- 4_Transfer Passenger Flow Prediction in New York City

03 Data for Prediction of Subway Transfer Passenger Flow

- 1_Transit Card Data and Daum(portal site) Network Data
- 2_Survey Data for Transfer Conditions By Station
- 3_Sample Survey for Transfer Passengers

04 Prediction and Validation of Subway Transfer Passenger Flow

- 1_Prediction Methodology
- 2_Prediction with Generic Parameters
- 3_Prediction with Station Specific Parameters
- 4_Summary of Prediction Results

05 Conclusion and Recommendations

1_Conclusion

2_Recommendations

References

Appendices

서울연 2014-BR-07

수도권 지하철
노선 간 환승량
추정방법 개선

발행인 _ 김수현

발행일 _ 2015년 1월 31일

발행처 _ 서울연구원

ISBN 979-11-5700-064-7 93530 6,000원

137-071 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

본 출판물의 판권은 서울연구원에 속합니다.